

Anat.

163

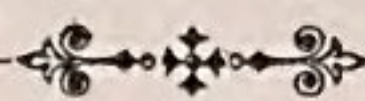
u

Anat.
163 U

Fischer

C

Beitrag
zu dem
Drehungsgesetz
bei dem
Wachstum der Organismen.

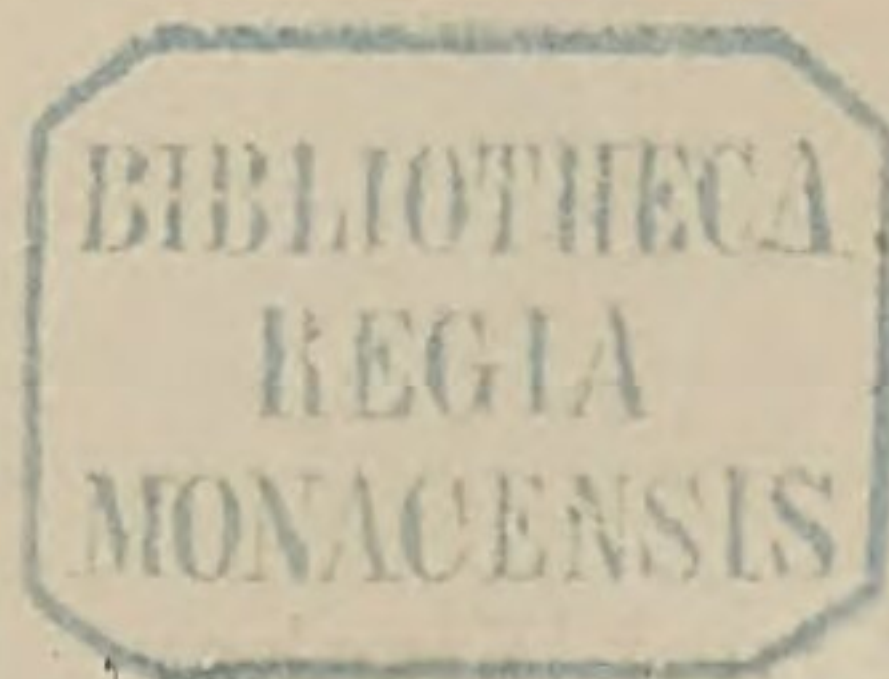


Von
Dr. Ernst Fischer,
Professor an der Universität zu Strassburg.

Mit 41 Abbildungen.

Axendrehung ist eine Funktion nicht
nur der Zelle sondern auch des Zellkerns.

BERLIN.
Februar 1887.
Druck von Paul Gergonne, Blücherplatz 3.



Alle Rechte vorbehalten.

Inhalts-Verzeichnis.

	Seite
Einleitung	1
Kapitel I. Knochen und Gelenke	3
„ II. Muskeln und Sehnen	21
„ III. Nervensystem	28
„ IV. Verdauungsorgane	31
„ V. Respirationsorgane	39
„ VI. Harn- und Geschlechtsorgane	42
„ VII. Gefässsystem	62
„ VIII. Sinnesorgane	66
„ IX. Haut	68
„ X. Spiralige Erscheinungen an Zellen	74
Litteratur	80

Einleitung.

Vorliegende Arbeit schliesst sich an meine im Sommer 1886 veröffentlichte, „Das Drehungsgesetz bei dem Wachstum der Organismen, Strassburg 1886“, unmittelbar an. Inzwischen hatte ich nämlich Gelegenheit, mehrere grosse Sammlungen der Universitätsinstitute Berlins durchmustern zu können, und ich fand dabei eine Reihe mit Bezug auf spiraliges Wachstum höchst interessanter Präparate. Die von mir besuchten Anstalten sind:

- 1) die vergleichend anatomische in der alten Börse,
- 2) die anatomische in dem neuen Anatomiegebäude,
- 3) die pathologisch-anatomische in dem pathologischen Institut,
- 4) die Sammlung in dem Gebäude der Tierarzneischule,
- 5) die Sammlung des kgl. Klinikum in der Ziegelstrasse,
- 6) die Sammlung des zoologischen Instituts in der Universität.

Den Direktoren dieser Anstalten statue ich für die freigebige Unterstützung meinen Dank ab.

Ferner besuchte ich die chirurgische Klinik des Herrn Professor von Bergmann, welcher mich in zuvorkommendster Weise auf einschlägige chirurgische Fälle aufmerksam machte.

Die mir übrig gebliebene Zeit widmete ich zum grössten Teil der Literatur des Gegenstandes, und ich habe mich zu diesem Zweck auf den grossen Bibliotheken Berlins nach Kräften umgesehen. Wenn die Strassburger Universitäts- und Landesbibliothek, welche mir zu meinem Drehungsgesetz von 1886 zur Verfügung stand, sich durch Reichhaltigkeit und Bequemlichkeit in der Benützung auf das vorteilhafteste auszeichnet, so kamen mir die Bibliotheken Berlins namentlich dadurch zugute, dass ich dem Gegenstand meiner Forschung mit mehr Musse nachgehen konnte und somit auf manches aufmerksam wurde, was mir früher entgangen war. Bekannte und Freunde machten mich endlich auf verschiedene, mit der Wachstumsdrehung eng verknüpfte, von mir bisher weniger beachtete, Prozesse aufmerksam.

Am 26. Januar 1887 habe ich in der Berliner medizinischen Gesellschaft einen Vortrag „Ueber Wachstumsdrehung mit Demonstration“ gehalten und bei dieser Gelegenheit an einer Anzahl von Präparaten aus den

oben genannten Sammlungen die spiralige Wachstumsdrehung erläutert. Diese Präparate sind: 1) ein krummer Zahn im Oberkiefer eines Hasen, 2) ein ebensolcher aus dem Unterkiefer eines Ebers, 3) die untere Nasenmuschel eines Ebers (siehe Figur 1), 4) der Schädel eines Neugeborenen mit antidromem Gaumenbein, 5) der mukösperiostale Ueberzug des Gaumens vom Eber, 6) ein Keilbein mit der inneren Lamelle der flügelartigen Fortsätze, 7) der Schädel eines Spechts mit dem Pterygoidbein, dem Zungenbein und der Speicheldrüse (siehe Figur 2), 8) der Schädel einer grossen Schildkröte mit dem Os quadratum und der Stützlamelle in der Schädelhöhle (Columella), 9) das Fuss skelett einer Chinesin (siehe Figur 3), 10) ein Dermoid aus der Bauchhöhle einer Gans, 11) ein Taschenkreb, um die Wachstumsdrehung im äusseren Skelett desselben zu zeigen, 12) vier grosse Nierensteine mit spiraliger Krümmung vom Pferde, 13) pathologisch geformte Hühnereier mit Kalkschale, 14) ein pathologisch geformtes Ei ohne Kalkschale aus der Bauchhöhle einer Gans, 15) eine trachtige Blindschleiche mit den spiralig eingerollten Embryonen in situ (siehe Figur 25), 16) ein spiralig eingerollter Eidechsenembryo. In demselben Vortrage führte ich ferner aus, wie man durch die Wachstumsdrehung zu einer Erklärung

a. des Situs viscerum transversus,

b. der Kreuzungsvorgänge im Gehirn und Rückenmark

gelangen könne.

Ich bin genau der Einteilung gefolgt, welche ich meinem Drehungsgesetz zu Grunde gelegt habe, damit der Leser sich in beiden Arbeiten gleich leicht zurechtfindet. Hierzu war ich allein schon aus dem Grunde genötigt, weil sich dieser Beitrag der Natur seiner Entstehung nach aus einer grossen Reihe von einzeln aufgezählten Thatsachen zusammensetzt, deren innern Zusammenhang der Leser manchmal schwer herausfinden mag. Mein Drehungsgesetz bildet eben die verbindende Kette, und es musste mir selbstverständlich erspart bleiben, in vorliegender Arbeit alles noch einmal zu sagen, was in dem Drehungsgesetz bereits gesagt ist.



Kapitel I.

Knochen und Gelenke.

(Vergleiche S. 6—54 des Drehungsgesetzes.)

1) Die Wirbelsäule. Die Wirbelkörper von *Manatus*, welche ich in der vergleichend anatomischen Sammlung in Prachtexemplaren vorfand, zeigten die Dreieckstellung, wie ich sie in Figur 7 und auf S. 15 des Drehungsgesetzes als ein Zeichen homodromer Drehung hingestellt habe, so schön, wie ich es bis dahin noch nicht gesehen hatte. — Wirbelbögen mit homodromer Drehung vom Anfang bis zum äussersten Ende fand ich sehr schön ausgebildet an dem Präparat No. 4926 der pathologischen Sammlung, *Spina bifida*, *Hemicephalus*, skelettierter Foetus, an welchem es nicht zur Bildung von Dornfortsätzen gekommen war.

2) Das Brustbein der Vögel ist in seinen beiden Hälften homodrom gewunden, was man namentlich deutlich an den Brustbeinen solcher Vögel nachweisen kann, welche statt der Foramina obturatoria tiefe Einschnitte vom äusseren Rande aus nach innen besitzen (*Ente*, *Haushuhn*). Die dadurch entstehenden schmalen rippenartigen Fortsätze der Brustbeinhälften sind prachtvoll homodrom gewunden. Die beiden Gelenkflächen zum Ansatz der *Clavicula posterior* sind homodrom.

3) Das Hinterhauptbein zeigte in seiner *Pars basilaris* bei jungen Affen deutlich homodrome Drehung seiner beiden Hälften, die Dreieckstellung der Knochenfaserung auf der Rachenfläche des Knochens war an verschiedenen Präparaten der vergleichend anatomischen Sammlung sehr ausgesprochen. — Die Hinterhauptgelenkfläche des *Guatapavanerschädels* (Präparat No. 7050) setzt sich jederseits aus zwei getrennten Gelenkhälften zusammen, ähnlich wie diejenige der meisten Säugetiere; beide Hälften sind homodrom gewunden. — Der von den *Occipitalia lateralia* des Schweines, der Wiederkäuer u. a. herabragende *Processus paramastoideus* s. *jugularis* pflegt homodrome Drehung zu besitzen, welche ich am Schädel des Schweines am schönsten ausgeprägt fand. Die *Occipitalia lateralia* der Schildkröten sind homodrom, nachdem beide Knochen jedoch von rechts und links her zusammengestossen sind, findet, wie bei den *Processus spinosi* der Wirbel, eine leichte antidrome Windung statt.

4) Das Keilbein der Säugetiere verhält sich in Bezug auf die Wachstumsdrehung wie dasjenige des Menschen. Durch die Keilbeinhöhle

des Gorillaschädels zieht vom Foramen rotundum aus in leichtem Bogen ein langer Knochenkanal nach vorn hin; nicht nur der Bogen an sich, sondern auch die Torsion des im Querschnitt elliptischen Kanals zeigen deutlich, dass der Kanal homodrom gebildet ist.

Die innere Lamelle der flügelartigen Fortsätze zeigte bei allen von mir untersuchten Präparaten die homodrome Drehung. Die früher von mir ausgesprochene Ansicht, dass dieser Knochen wegen seiner homodromen Drehung nicht zu den eingestülpten Knochen des Visceralbogenskeletts zu rechnen, sondern als ein autochthoner, ursprünglicher Knochen aufgefasst werden müsse, findet durch diese Befunde eine weitere Stütze.

Ich untersuchte jedoch auch das bei den Vögeln und Reptilien sehr schön ausgebildete Os pterygoideum, welches den vergleichend anatomischen Forschungen gemäss der innern Lamelle der flügelartigen Fortsätze der Säugetiere entspricht; das Os pterygoideum ist nun auch homodrom gewunden, am schönsten fand ich es beim Specht. Bei einigen Reptilien ist das Pterygoidbein sehr schlank und lang gebaut; in diesen Fällen kann es in seinem vordersten an den Gaumen anstossenden Teile eine leichte antidrome Windung erhalten; auch bei Alligator lucius kommt diese Antidrome schwach zum Ausdruck, wohl deshalb, weil das Pterygoidbein bei ihm sehr platt und dünn ist und durch den Gegendruck des mächtigen Os transversum zur Antidrome gezwungen wird.

5) Schläfenbein. Die Felsenbeinpyramide des Menschen pflegt viel auffallender antidrom angelegt zu sein, als diejenige der meisten Säugetiere. Bei den meisten Affen ist die äussere Knochenkrümmung und die Drehung derselben um ihre Längsaxe (Torsion) schon viel weniger hochgradig, bei manchen Tieren kann ihre Drehung sogar undeutlich werden wegen der Unebenheit der Oberfläche, so z. B. beim Reh. Löst man jedoch das Felsenbein aus dem Zusammenhang mit den übrigen Schädelknochen, so fällt seine antidrome Windung alsbald in die Augen, und legt man die Schnecke des Labyrinths bloß, so wird man an ihr stets die antidrome Windung vorfinden.

Der Annulus tympanicus, welcher beim menschlichen Foetus bereits in antidromer Windung ansetzt, ist bei jungen Affen noch nicht antidrom; ob sich bei den Affen später mit der Ausbildung des äussern Gehörgangs die Antidrome einleitet, konnte ich bisher nicht entscheiden.

Die anatomischen Werke haben sich bisher mit der eigentümlichen Windungsrichtung des Felsenbeines, seiner Kanäle, der Gehörschnecke u. s. w. fast gar nicht befasst, obwohl die spiralige Beschaffenheit an sich wenigstens für einzelne Teile von jeher bekannt war. Winslow drückt sich über die spiralige Beschaffenheit des äussern Gehörgangs folgendermassen aus: „oblique a posterioribus antrorsum cavatus, paucillum incurvatus et quandoque cochleae iustar in medio intortus est.“ Derselbe Autor gibt die Windungsrichtung der Gehörschnecke richtig an, indem er sagt, sie sei im rechten Ohrlabyrinth gewunden wie das Schneckenhaus unserer Garten-

schnecken, im linken Ohrlabyrinth umgekehrt. Auch die spiralige Beschaffenheit des Canalis Falopiae ist den Alten nicht unbekannt geblieben, sie bezeichneten denselben als Meatus coecus, cochlearis, spiroideus u. s. w.; Chaussier sagt von ihm, er sei spiralig und nennt ihn Canal spiroide.

6) Der paarige glatte, von dem Seitenwandbein nach abwärts zum Basisphenoid wachsende Stützknochen für das Schädeldgewölbe der Schildkröten, die sogenannte Columella, zeigt deutliche homodrome Drehung.

7) Die Glabella des Stirnbeins und die in der Mittellinie an der Sagittalnaht zusammenstossenden Teile des Seitenwandbeins, welche am menschlichen Schädel leicht antidrom zu sein pflegen, sind bei ganz jungen Affen, z. B. bei Mycetes, Präparat No. 23750, der vergleichenden anatomischen Sammlung, vollständig homodrom gewunden.

8) Die platten Schädelknochen des Negerschädels pflegen sowohl sehr stark ausgeprägte Jura cerebralia, als auch massenhafte Gefässkreisel auf beiden Flächen zu besitzen, und es scheint mir, als ob aus diesem Befunde am Schädel ein Rückschluss auf glattes oder gekräuseltes Haar der betreffenden Race möglich sei.

9) Zähne. Von homodrom gewundenen Zähnen des Zwischenkiefers fand ich ein sehr schönes Beispiel in der pathologischen Sammlung, Präparat No. 8709; es betrifft den Schädel eines Hasen mit zwei abnorm verlängerten äusseren Schneidezähnen; derjenige der rechten Seite beschreibt eine prachtvolle, linksgewundene, derjenige der linken Seite eine ebenso schöne rechtsgewundene korkzieherartige Schraube, deren Gänge etwa $\frac{1}{2}$ Zentimeter voneinander abstehen. Der linke Zahn ist leider gebrochen und aus dem Kiefer herausgefallen, der rechte befindet sich in situ.

In derselben Sammlung, Präparat No. 7216, befindet sich der rechte Unterkiefer eines Schweines mit langem Eckzahn, welcher in grossem Bogen nach hinten und unten weiter rückwärts wieder in den Kiefer eingewachsen ist. Der Zahn beschreibt dabei eine linksgewundene Spirale mit sehr flacher Steigung; ferner erkennt man an seiner Faserung, dass der Zahn in linksspiraligem Sinne um seine Axe gewälzt ist.

Der Stosszahn des Stossfisches, Monodon, ist in antidromem Sinne um seine Axe gedreht, weil er in der vom Gaumendach und von der Augenhöhleneinstülpung herrührenden Antidrome wurzelt. Da dieser Zahn fast stets auf der rechten Seite unentwickelt bleibt, so pflegen wir fast nur linksspiralige Stosszähne zu Gesicht zu bekommen. Ausnahmsweise können auch beide Stosszähne zur Entwicklung kommen, und es sind einige Fälle bekannt, in denen alsdann beide Zähne linksspiralig waren. Dieses Vorkommen erklärt sich in analoger Weise wie bei den Hörner und Geweihe tragenden Tieren dadurch, dass der kleinere rechte Stosszahn mit seiner Wurzel nicht bis in die Orbitalantidrome hineinreichte und somit homodrom, d. h. linksspiralig wachsen musste.

Im allgemeinen pflegen die Zähne des Oberkiefers der Säugetiere, etwa mit Ausnahme des Augenzahnes, homodrom gewunden zu sein; aber

selbst auch die Augenzähne des Menschen und der Affen sind in der Regel homodrom; dasselbe gilt von den Zähnen des Unterkiefers.

10) Der foetale Processus coronoideus des Unterkiefers der Affen ist homodrom, während er später, vielleicht infolge des Muskelzugs, antidrom werden kann. Antidrom fand ich ferner das Os complementare und angulare des Unterkiefers der Reptilien, während das Articulare homodrom ist und nur in seinen Fortsätzen, welche, wie bei *boa constrictor*, das complementare und angulare ersetzen, leicht antidrom werden kann. — Bei den Eidechsen ist das Supraangulare homodrom; das Operculare, welches dem Unterkiefer ganz innen anliegt, ist leicht antidrom.

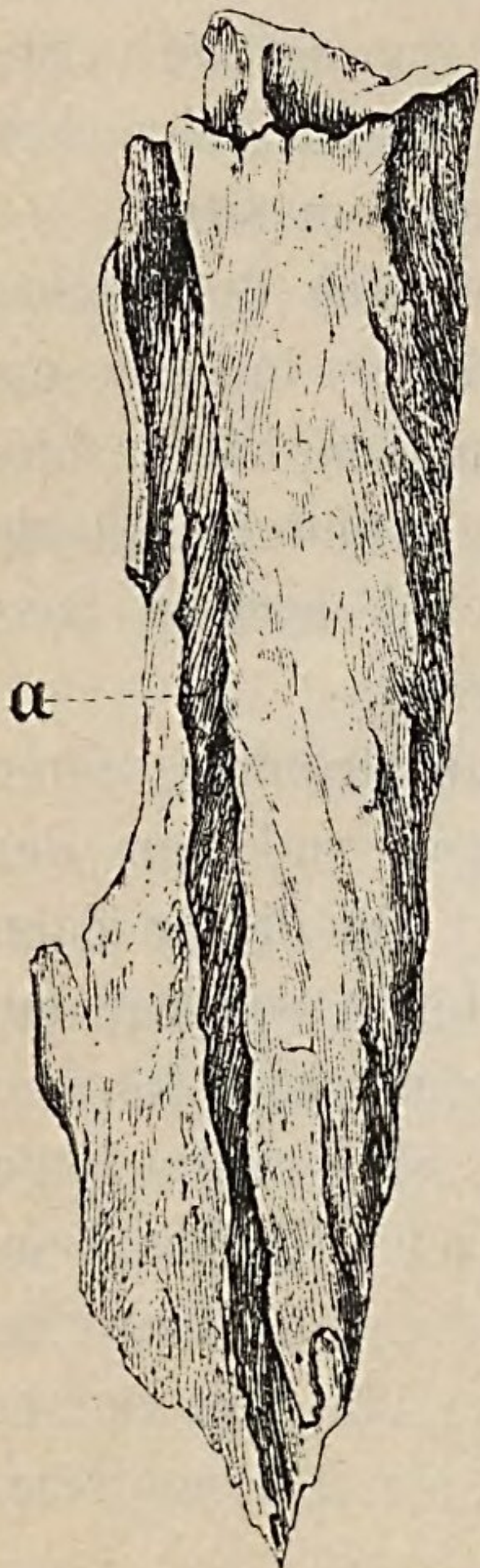
Ein prachtvolles Beispiel eines homodrom gewundenen Gelenks ist das Kiefergelenk der Fischotter. Der Unterkiefergelenkkopf wird in diesem Gelenk von seiner Schraubenmutter oder Hohlschraube des Schläfenbeins so umwunden, dass man am skelettierten Schädel den Unterkiefer nicht lösen kann, ohne vorher eine Fraktur der Hohlschraube zu erzeugen. — Ein weiteres Beispiel homodromer Windung des Kiefergelenks liefert dasjenige von *Canis cancrivorus*, No. 4174 der vergleichend anatomischen Sammlung, sowie die Kiefergelenke der grossen Raubtiere überhaupt.

11) Das Os quadrato jugale der Vögel ist ein homodrom gedrehter Knochen.

12) Das Os quadratum der Vögel und Reptilien ist meist homodrom. Bei den Vögeln mag der Nachweis dieses Verhaltens manchmal schwierig sein, ja die hintere, an das Felsenbein anstossende Abteilung des Knochens mag sogar antidrom werden; bei den Schildkröten fällt die prachtvolle homodrome Drehung sofort in die Augen. Schlangen (*boa constrictor*), bei welchen das Os quadratum ein langer schlanker Knochen ist, zeigen dasselbe antidrom gewunden. Die Ursache hierfür dürfte in dem Drucke zu suchen sein, welchem der schlanke Knochen vom Kiefergelenk her ausgesetzt ist. Es wäre gewiss interessant zu untersuchen, ob die Antidrome auch bei dem Foetus der Schlangen schon vorhanden ist.

13) Von den eingestülpten Gesichtsknochen mit antidromer Drehung habe ich in Fig. 1 die untere linke Nasenmuschel vom Schwein abgebildet; ein Blick auf die Figur lehrt, dass wir hier einen linksspiraligen Knochen vor uns haben. Bei den Affen pflegt ebenfalls die antidrome Drehung der Nasenmuscheln sehr auffallend zu sein, während bei andern Tieren, z. B. dem Reh, sich eine homodrom gedrehte Fläche, nämlich die untere, befindet. Das Siebbeinlabyrinth des Rehs, Schweines und der meisten Säugetiere ist als antidrom angelegt zu erkennen.

Fig. 1.



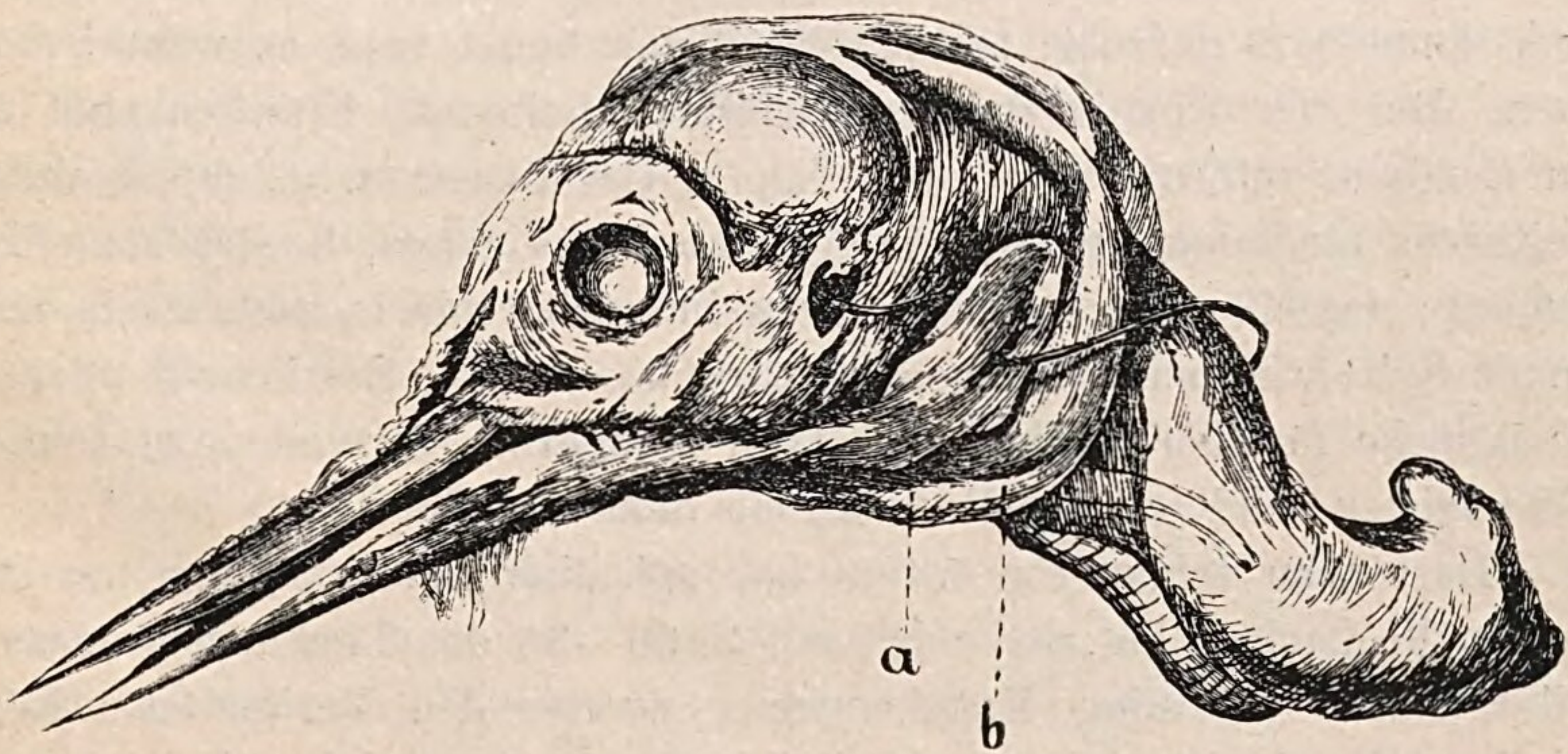
Linke untere Nasenmuschel des Schweines mit linksspiraliger Drehung.

14) Sowie die antidrome Wachstumsdrehung des Gaumens am foetalen Schädel des Menschen mit voller Klarheit zu sehen ist, an dem Maravi-Negerschädel sich durch das ganze Leben hindurch deutlich erkennen lässt, ferner auch bei fast allen Vögeln sofort in die Augen springt, so ist sie ebenfalls an den Auswüchsen des Gaumens, z. B. an den Barten des Wallfisches und an den Gaumenrippen des Krokodills zu sehen, ja man kann sie auch an den Weichteilen des Mundhöhlendaches, z. B. an dem mukösperiostalen Ueberzug desselben, nachweisen. Man braucht nur die Trabekeln des mukös-periostalen Ueberzugs des Schweines, Pferdes u. a. genauer zu betrachten, um sich von dieser Thatsache sofort zu überzeugen. Es leuchtet ein, dass durch dieses Verhalten eine eigentümliche spiralig elastische Gewebsspannung bedingt wird, welche für plastische Operationen dieser Gegend Berücksichtigung verdient, namentlich in Hinsicht der Bildung von Lappen, Entspannungsschnitten u. s. w. Die antidrome Drehung der Gaumenbeine am Vogelschädel bildet einen merkwürdigen Kontrast zu der schönen homodromen Drehung des Pterygoidbeins. — Das Gaumenbein des Papagei ist in seiner grössern vordern Partie antidrom gewunden, das nach hinten frei vorragende Ende jederseits ist jedoch in leichtem Grade zur Homodrome gezwungen, wahrscheinlich infolge des Zuges der Muskeln, welche dort ansetzen.

15) Das Zungenbein ist, wie schon früher erwähnt, in seinen beiden Hälften in der Regel homodrom gedreht. Es kommen hier jedoch auch leichte antidrome Drehungen vor, welche ich mir durch den Zug der antidrom gedrehten Zungenmuskulatur erkläre.

Höchst interessant ist das Zungenbein des Spechts gestaltet; das lange Horn desselben wächst bekanntlich in einem grossen Bogen nach hinten zum Hinterhaupt, geht von da zum Scheitel empor und reicht über das ganze Schädeldach nach vorn bis zu den Gesichtsknochen hin, wo es endigt; siehe Figur 2. Das knöcherne Zungenbein ist nun in seinem Verlauf nach hinten bis zum Hinterhaupt homodrom gewunden; sowie es in

Fig. 2.



Schädel vom Specht mit Zungenbein b und Speicheldrüse a.

die Hinterhauptsregion kommt, dreht sich, der dortigen Antidrome entsprechend, seine Wachstumsspirale um, es wird antidrom und bleibt es bis zu seinem Ende hin, indem in der Gegend der Sagittalnaht und auch in der Stirnbeingegend die Antidrome bestehen bleibt. Dies lässt sich mit voller Klarheit an dem skelettierten Knochen nachweisen. Aber auch die das Zungenbein umlagernden Weichteile, Muskeln u. s. w., haben, wie dies die Figur 2 wiedergibt, dieselbe Drehung wie der Knochen. In Figur 2 ist ferner die langhingeogene Speicheldrüse des Spechts abgebildet; sie liegt in der Unterkiefergegend zwischen den homodromen Weichteilen eingebettet und hat deren Drehung; in der Gegend hinter dem Ohr wird auch sie antidrom.

Die oberen Gliedmassen.

16) Das Schulterblatt kleiner Insektivoren, *Talpa*, *Urotrichus talpoides*, zeigt die homodrome Drehung sehr schön, weniger deutlich zeigt sie dasjenige der Affen.

17) Das Schlüsselbein, welches beim erwachsenen Menschen antidrom zu sein pflegt, zeigt bei erwachsenen Affen ebenfalls eine leicht antidrome Drehung, welche jedoch auf das äusserste Drittel des Knochens beschränkt bleibt. — Die Clavicula posterior der Vögel ist leicht homodrom gewunden, während die Furcula hochgradig antidrom verläuft. Es kommt jedoch auch der umgekehrte Fall vor. Bei denjenigen Vögeln nämlich, bei welchen die Clavicula posterior die Hauptstütze am Brustbein hat, wie z. B. beim Haushuhn, während die Furcula nur eine lockere bindegewebige Verbindung daselbst besitzt, wird die Clavicula posterior in ähnlicher Weise wie das Schlüsselbein des Menschen leicht antidrom. Die Furcula wächst alsdann in schöner homodromer Windung von der Schulter her und wird nur an ihrem Schlüsselbeinende auf eine kurze Strecke leicht antidrom.

18) Das Oberarmbein sämtlicher Wirbeltiere ist von oben bis unten homodrom gedreht; am prachtvollsten findet man es wohl bei dem Biber. Der als *Canalis supracondyloideus* bekannte Knochenkanal über dem *Condylus internus* der Affen, Nager, Carnivoren u. a., durch welchen der *Nervus medianus* und die *Arteria brachialis* gehen, besitzt homodrome Windung; dasselbe gilt für den *Sulcus intertubercularis*, welcher in homodromer Spiralwindung am Knochen herabkommt. — Bei Vögeln pflegt die Gelenkfläche für den Radius prachtvoll homodrom gewunden zu sein, am auffallendsten fand ich die Homodrome beim Truthahn.

Dass man schon von Alters her spiralige Erscheinungen am Oberarmbein beobachtet hat, habe ich auf S. 36—38 des Drehungsgesetzes geschildert. Die spiralige Knochenrinne, welche den Verlauf des *Nervus radialis* andeutet, bezeichnete man als *Sulcus spiralis humeri*.

19) Ellenbogengelenk. Die schraubenartige Beschaffenheit der Trochlea humeri ist bei allen Wirbeltieren eine im höchsten Grade in die Augen fallende und allgemein anerkannte, so dass über ihre Existenz nichts gesagt zu werden braucht; dementsprechend ist auch die Mechanik im Ellenbogengelenk eine spiralige, und zwar in zweifacher Hinsicht; nämlich:

a. Die Vorderarmknochen erfahren bei feststehendem Oberarm eine laterale Verschiebung nach innen bei der Beugung, so dass in dieser Gelenkstellung der Condylus internus humeri weniger vorzuragen scheint; bei der Streckung des Ellenbogengelenks verschieben sich die Vorderarmknochen gegen den Oberarm nach aussen, und der Condylus internus humeri ragt mehr vor. Diese seitlichen Verschiebungen sind bei den einzelnen Wirbeltieren verschieden hochgradig, je nachdem sich die Schraubensteigung im Ellenbogengelenk verschieden gestaltet.

b. Die Vorderarmknochen erfahren bei den Bewegungen im Ellenbogengelenk eine leichte Rollbewegung (Torsion) in der Weise, dass bei der Beugebewegung eine Auswärtsrollung, bei der Streckbewegung eine Einwärtsrollung statthat. Ursache dieses Verhaltens ist die Abweichung der Ellenbogengelenkfläche von der strengen Schraubenbeschaffenheit, indem dieselbe im hintern Abschnitt eine grössere Steigung besitzt als im vordern und kein eigentliches Schraubengelenk, sondern ein Spiralgelenk ist. Die genannten begleitenden Rollbewegungen pflegen von den Anatomen als Schlussrotation bezeichnet zu werden, ein Ausdruck, der nicht ganz zutreffend ist, weil die Rollung bei allen Winkelveränderungen des Gelenkes vorkommt; freilich ist sie bei mittleren Gelenkstellungen am schwächsten, bei extremer Beugung und Streckung am stärksten.

20) Ginglymusgelenke. Da sämtliche sogenannte Ginglymusgelenke keine streng schraubenartige, sondern nur eine spiralige Beschaffenheit besitzen, so wird man bei allen die geschilderten seitlichen Verschiebungen mit Schlussrotation nachweisen können. Am ausführlichsten handeln die einschlägigen Werke über die Lateralverschiebungen im Ellenbogengelenk und über die Schlussrotation im Kniegelenk, letzteres wohl deshalb, weil die ganze Erscheinung der Schlussrotation dort am meisten in die Augen fällt. Die Rotation (Torsion) wird begreiflicherweise um so grössere Winkelbeträge ausmachen, je mehr das Gelenk von der streng schraubenartigen Beschaffenheit abweicht, d. h. je rascher die Spiralensteigung in demselben zu- und abnimmt. Das Ellenbogengelenk der Vögel scheint in dieser Beziehung das bevorzugteste zu sein. Seine homodrome Spiralensteigung beträgt z. B. beim Haushuhn im hintersten Abschnitt 30° , auf der Mitte der Trochlea sinkt sie auf ein Minimum herab und wird sogar im vordersten Abschnitt negativ, d. h. antidrom, mit einer Steigung von etwa 10° . Man kann sich leicht denken, wie hochgradig die Axendrehungen (Torsionen, Rotationen) des Vorderflügels sein werden, wenn das Tier fliegt.

21) Entzündliche Störungen in der untern Epiphysenlinie des Oberarmbeins werden bei vermehrtem Wachstum vermehrte Wachstumsdrehung zeigen. Bildet sich z. B. bei Rachitis derjenige Prozess in der genannten Linie aus, infolge dessen es zu dem sogenannten Cubitus valgus kommt, welcher mit dem Genu valgum in eine Parallele zu setzen ist, so wird sich die in homodromem Sinne vermehrte Wachstumsdrehung des Oberarmbeins in der Weise geltend machen, dass der Condylus internus humeri mehr nach hinten abweicht. Grade hier, wo die eigentliche Belastung nicht als Ursache der Krankheit angesehen werden kann, ist die Bedeutung vermehrter Wachstumsdrehung zu beachten.

22) Die Ulna pflegt in viel weniger hohem Grade homodrom gedreht zu sein als das Oberarmbein. In dieser Beziehung stimmt sie mit dem Schienbein überein, welches das gleiche Verhalten gegenüber dem Oberschenkelbein beobachtet. Der Grund hierfür mag am Vorderarm wie am Unterschenkel darin zu suchen sein, dass hier wie dort zwei Knochen vorhanden sind, von denen jeder sammt seinen Weichteilen ein grosses homodromes Drehungsgebiet für sich bildet. Da wo beide Gebiete sich berühren, d. h. im Zwischenknochenraum, sind die Drehungsrichtungen sich entgegengesetzt, so dass die Drehungsgebiete sich gegenseitig hemmend beeinflussen. Bei angeborenen Defekten des einen von beiden Knochen (Radius) wird daher die homodrome Drehung des vorhandenen (Ulna) um so deutlicher hervortreten.

Ein höchst lehrreiches, hierhergehöriges Präparat wurde mir am 4. Februar 1887 in der chirurgischen Klinik des Herrn von Bergmann von dessen Assistenten Herrn Dr. Morian vorgelegt. Es betrifft ein neugeborenes Kind, welches einige Tage nach der Geburt gestorben war. Es bestand ein fast vollständiger Defekt beider Oberarmknochen, von denen nur ein knorpeliger oberer Stummel existierte, während die untere Epiphyse mit der Ulna verschmolzen zu sein schien, so dass das Ellenbogengelenk fehlte. Der Radius fehlte jederseits. Die Ulna zeigte der äussern Form und Faserung nach eine wundervolle homodrome Windung. Die Vorder- und Mittelhand war normal gewunden, in der Handwurzel war verringerte Drehung, so dass leichte Klumphand bestand. Von der Schulterhöhe zog flughautartig am ganzen Arm entlang bis zum Daumen herab jederseits subkutan ein derber, teils fibröser, teils muskulöser Strang, welcher offenbar mit der Verbildung in ursächlichem Zusammenhang stand.

23) Handgelenk. An der untern Gelenkfläche des Radius haben wir dieselbe spiralige Beschaffenheit wie am Ellenbogengelenk, nur in weniger auffälligem Grade. Dass die seichte Leiste dieser Gelenkfläche nicht genau sagittal steht, habe ich in dem Drehungsgesetz auf S. 40 auseinandergesetzt. Wie ich nachträglich bei Meyer S. 172 finde, hat dieser Autor schon im Jahre 1873 auf dieses Verhältnis aufmerksam gemacht und gesagt, dass sich der Meniscus auf dem Radius in einem Schraubengange bewegt, welcher bei einem Spindeldurchmesser von circa 30 mm

eine Steigung von circa 20 mm auf den Umfang besitzt. Bei den Vögeln nimmt die Ulna mit ihrer untern Fläche an der Bildung des Handgelenks teil, sie besitzt eine prachtvoll homodrom gewundene Gelenkfläche.

24) Handwurzel. Meyer weist ferner auf S. 167 seines Werkes nach, dass in den Gelenkverbindungen zwischen Os lunatum einerseits und Os capitatum und hamatum der Handwurzel anderseits ebenfalls der Schraubencharakter zu erkennen ist; die Führungslinie gehöre einem Schraubengange an, welcher bei circa 13 mm Spindeldurchmesser eine Steigung von circa 3 mm für den Umfang besitze. — Das Os pisiforme des Chimpanse ist ein länglicher homodrom gewundener Knochen; daraus scheint man auf die homodrome Drehung der Sehne des Flexor carpi ulnaris und auf dieselbe Drehung dieses Muskels schliessen zu dürfen. — Die Gelenkflächen vom Radius zum Os naviculare sind beim Chimpanse homodrom, ebenso diejenigen vom Os capitatum zum dritten Mittelhandknochen, während diejenigen vom Os capitatum zum zweiten Mittelhandknochen, sowie die vom Os triquetrum zum Os pisiforme und die vom Os hamatum zum Os triquetrum antidrom gewunden sind.

25) Mittelhand. Die Mittelhandknochen der Affen bilden als Ganzes eine schöne homodrome Spirale.

Die unteren Gliedmassen.

26) Das Hüftbein (Os ilei) kleiner Insektivoren pflegt eine prachtvolle homodrome Wachstumsdrehung zu zeigen.

27) Dass die Gelenkfläche des Oberschenkelbeins manchmal Andeutungen schneckenförmiger Spiralwindungen zeigt, habe ich auf S. 45 des Drehungsgesetzes gesagt. Nachträglich finde ich bei Bögle, dessen interessantes Werk ich erst im November 1886 kennen lernte, auf S. 129 u. f. die Angabe, es mache den Eindruck, als sei im Schenkelkopf ein schneckenförmiger Typus vorhanden. In dem Drehungsgesetz habe ich ferner auf S. 45 erwähnt, dass das Hüftgelenk der Vögel einen Teil des Schenkelhalses, der Trochanteren und der Linea intertrochanterica anterior mit in sein Bereich ziehe, und dass dasselbe dadurch einen wunderschönen homodrom-spiraligen Bau erhalte.

28) Krankhafte Zustände des Beckens sowie der Beine können am Schenkelkopf des Menschen eine ähnliche Umformung bewerkstelligen, wodurch alsdann der spiralige Charakter des krankhaft veränderten Hüftgelenks mehr hervortritt; letzteres wird dadurch dem Hüftgelenk der Vögel ähnlicher.

a. Dies kann zunächst bei Abschleifungen des Schenkelkopfs nach Arthritis deformans erfolgen, und die bei diesem Prozess am Schenkelhalse auftretenden Knochenneubildungen setzen sich nicht selten in homodromer Spiralwindung um das Gelenk herum an.

Ein lehrreiches Präparat dieser Art wurde am 20. November 1886 von Herrn Professor von Bergmann in der chirurgischen Klinik vorgezeigt. Die Knochenwucherungen bildeten einen förmlichen Wall mit nach dem Hüftgelenke zu schön homodrom gewundener Fläche.

In der Sammlung des Königl. Klinikum befindet sich ferner ein Präparat ohne Nummer mit einer grossen Knochengeschwulst, welche von der Innenfläche des rechten Darmbeins aus über den horizontalen Schambeinast nach abwärts zum Oberschenkel gewachsen ist. Die neugebildete Knochenmasse hat eine wundervolle homodrome Drehung.

b. Weiterhin wären hier krankhafte Vorgänge zu erwähnen, infolge deren die Spiralkrümmung des Oberschenkels seiner äusseren Form nach vermehrt wird, wie es z. B. nach Frakturen, Rachitis, Entzündungen des Periosts und der Knochensubstanz eintreten kann. Auch bei ihnen kann die Form des menschlichen Hüftgelenks derjenigen der Vögel mehr oder weniger ähnlich werden. Die Aus- und Einwärtsrollung, die Abduktion und die schraubig-spiraligen Rotationsbewegungen im Hüftglenk sind dabei in grösserm Umfange möglich als im normalen Zustande; handelt es sich um jüngere noch in der Wachstumsperiode befindliche Individuen, so tritt alsbald in dem Hüftgelenk eine Wachstumsänderung in der Weise ein, dass ein Teil der obern Schenkelhalsfläche mit in das Bereich des Gelenks gezogen wird, der Kopf scheint alsdann gleichsam wie von oben auf den Schenkelhals aufgesetzt. Die geschilderte Veränderung am Hüftgelenkkopf tritt bei Genu valgum, wie mir dies Herr Stabsarzt Dr. Renvers in Berlin zu zeigen die Güte hatte, mit grosser Deutlichkeit zu Tage.

Untersucht man den Ansatz des Schenkelhalses an den Schaft eines rachitisch verkrümmten Oberschenkels, mit vermehrter Spiralkrümmung, so findet man auch hier eine Veränderung in dem Sinne, dass der Schenkelhals mehr frontal gestellt ist, während er im normalen Zustande etwas nach hinten gerichtet ist. Es ist dies die natürliche Folge vermehrter Wachstumsdrehung in der obern Epiphysenlinie des Oberschenkels.

Die vermehrte Wachstumsdrehung im Sinne der homodromen Torsion des Oberschenkels kann infolge von Rachitis so sehr zunehmen, dass die Linea aspera femoris, welche im normalen Zustande leicht antidrome Richtung hat, homodrom wird. Dabei kann der nach dem Condylus externus femoris auslaufende Schenkel derselben fast spurlos verschwinden, während der innere stärker und stärker hervortritt.

Die vermehrte Spiralkrümmung des Oberschenkels nach Brüchen in der Diaphyse erklärt sich in natürlicher Weise dadurch, dass das obere Fragment eine Rotation nach aussen erhält, welche bei der Behandlung unvollständig korrigirt wird; das untere Fragment wird sammt Unterschenkel und Fuss mit Innenrotation (*Dislocatio ad peripheriam*) daran angesetzt, damit der Fuss eine grade Stellung erhält. Das Resultat ist vermehrte Torsion des Schenkels in homodromem Sinne. Dazu kommt nun noch eine Abweichung des obern Fragments nach vorn und aussen (*Dislocatio ad axin*),

die eine vermehrte Krümmung des Knochens seiner äussern Form nach bedingt, welche endlich durch die *Dislocatio ad longitudinem* und das dabei stattfindende Aneinandervorbeigleiten der Frakturenden noch vermehrt wird.

29) Kniegelenk. Bei allen denjenigen Zuständen, welche eine Varumstellung des Kniegelenks bedingen, pflegt die Wachstumsdrehung des Oberschenkels entweder von vornherein geringer als normal zu sein, wie man es z. B. sehr häufig als Begleiterscheinung des angeborenen Klumpfusses vorfindet, oder aber die in normaler Weise vorhanden gewesene Drehung wird beim weiteren Wachstum zurückgebildet, ins Gegenteil verkehrt, es tritt eine *antidrome* Wachstumsdrehung ein. So gestaltet es sich z. B. bei der längere Zeit sich selbst überlassenen chronischen Entzündung im Kniegelenk. Bekanntlich tritt bei ihr nicht nur eine Beugestellung mit *Subluxation* des Schienbeins und Knickung in seiner Epiphysenlinie ein, sondern es kommt noch eine Stellung des Unterschenkels nach aussen, die *Auswärtsrotation*, hinzu; und da endlich der Kranke sein Bein mit der Aussenfläche auf das Ruhekissen auflegt, so bildet sich auch eine Varumstellung im Kniegelenk aus. Die Auswärtsrollung und die Varumstellung üben auf den Oberschenkel einen Zug in *antidromem* Sinne aus, welcher viel mächtiger ist, als die Kraft der natürlichen *homodromen* Wachstumsdrehung. Infolge davon verlieren die Oberschenkelcondylen ihre frontale Stellung, der *Condylus internus* tritt mehr nach vorn, der *Condylus externus* mehr nach hinten, die Knochenfaserung im untern Drittel des Oberschenkels verliert ihre Richtung von aussen oben nach innen unten, an ihre Stelle tritt eine *antidrome* Faserung von innen oben nach aussen unten.

Ein hierhergehöriges, höchst lehrreiches Präparat (No. 319) sah ich Ende Januar 1887 in der Klinik des Herrn Professor von Bergmann. Es betrifft ein skelettiertes rechtes Kniegelenk mit knöcherner *Anchylose*. Das Schienbein ist in stark nach aussen rotierter Stellung an den Oberschenkelknochen angeheilt; es hat auf die Knochenfaserung des Oberschenkels einen Zug in der Weise ausgeübt, dass dieselbe *antidrom* geworden ist; die im Gelenk befindliche neugebildete Knochenmasse ist ebenfalls *antidrom* gedreht. Ursache der *Anchylose* war eine *Osteomyelitis* des Oberschenkels. Die *antidrome* Faserung des Oberschenkels reicht genau so weit nach aufwärts, als die *periostalen* Auflagerungen und die *Fisteln* von der Markhöhle her reichen; höher oben, im mittleren Drittel, ist die normale *homodrome* Faserung des Oberschenkels vorhanden, in welcher die Amputation stattgefunden hat. Eine weitere Folge des abnormen Zuges des verlagerten Schienbeins ist das weite Herabgerücktsein des *Condylus externus femoris*, welche so stark ausgebildet ist, dass der *Condylus internus* den Boden nicht berührt, wenn man den Schenkelknochen senkrecht hinstellt. Die Frontalstellung der *Condyli femoris* lässt sich an dem Präparat nicht mehr kontroliren, weil das obere Ende des Oberschenkels fehlt.

Das Präparat No. 255 des Königl. Klinikum ist ebenfalls für die Wachstumsdrehung in krankhaften Zuständen lehrreich. Es handelt sich um eine knöcherne Anchylose des linken Kniegelenks infolge von tuberkulösen Herden. Das Schienbein ist im rechten Winkel zum Oberschenkelbein gestellt, ferner weicht es in beinahe rechtem Winkel nach innen ab (Adduktionsstellung). Die neugebildete Knochenmasse zwischen Condylus externus femoris und Condylus externus tibiae, welche gleichzeitig auf die Fibula übergreift, ist ebenfalls leicht antidrom, d. h. linksspiralig. — Chronische Ergüsse im Kniegelenk dehnen die Kapsel des Kniegelenks in vielen Fällen nicht in der Weise aus, dass die äussere Form des Kniegelenks eine mehr kugelige wird, sondern man findet häufig, dass die Geschwulst eine längliche Gestalt besitzt und dass ihr langer Durchmesser eine von aussen oben nach innen unten gehende, d. h. eine homodrome Richtung annimmt. Ein solcher Fall wurde am 18. Februar von Herrn Professor von Bergmann in der Klinik vorgestellt; er betraf das rechte Kniegelenk eines Tabetikers, welches durch Flüssigkeitsansammlung ausgedehnt war und die obenangegebene Form besass.

30) Unterschenkel. Brüche der Unterschenkelknochen, besonders diejenigen, bei welchen entweder beide Knochen im oberen Drittel, oder bei welchen das Schienbein im mittlern oder untern Drittel gebrochen ist bei gleichzeitigem Bruch des Wadenbeins höher oben, zeigen im allgemeinen dieselben Verhältnisse, wie diejenigen des Oberschenkels. Man pflegt in diesen Fällen schon unmittelbar nach der Verletzung eine vermehrte Spiralkrümmung des Unterschenkels wahrzunehmen, welche beim Einrichten und Anlegen des Verbandes häufig unvollständig korrigirt wird. In vernachlässigten Fällen kann die übermässige Spiralkrümmung so vermehrt sein, dass dem Kranken das Gehen unmöglich wird, es bleibt nichts übrig als die schlecht geheilten Knochen wieder zu brechen oder mit Hülfe der Osteotomie eine verbesserte Stellung herbeizuführen.

Ein solcher Fall wurde am 1. Dezember 1886 von Herrn Professor von Bergmann in der chirurgischen Klinik vorgestellt und operiert. Er betraf einen Mann mit schlecht geheiltem Bruch beider Unterschenkelknochen im oberen Drittel. Trotzdem der Kranke schon 36 Jahre alt war, hatte sich infolge des abnormen Druckes in der oberen Epiphysenlinie des Schienbeins die Bildung eines leichten Genu varum ausgebildet, wodurch die vermehrte Spiralkrümmung des Unterschenkels noch mehr in die Augen fiel. Der Fall wurde durch die Osteotomie geheilt.

Entzündliche Prozesse an den Knochen des Unterschenkels, seien sie durch Beinbrüche, Rachitis, Osteomyelitis oder sonstwie hervorgerufen, pflegen mit vermehrtem Wachstum stets vermehrte Drehung zu zeigen. Handelt es sich um eine Nekrose des Schienbeins, welche infolge ihrer langen Dauer vermehrtes Wachstum des Knochens eingeleitet hat, so pflegt sich die vermehrte Drehung sogar im Fussgelenk in homodromem Sinne dadurch geltend zu machen, dass der Fuss eine leichte Valgusstellung an-

nimmt. Hierher gehörige Fälle wurden von Herrn Professor von Bergmann am 11. November und 7. Dezember 1886 vorgestellt. In dem erstern Falle handelte es sich um ein Mädchen von etwa 20 Jahren mit Nekrose am rechten Schienbein; letzteres zeigte vermehrtes Wachstum, der Fuss war ein Pes valgus. Der zweite Fall betraf einen Knaben von 14 Jahren, ebenfalls mit Nekrose am rechten Schienbein und vermehrtem Wachstum desselben; auch er hatte Plattfuss.

31) Wadenbein. Krankhafte Prozesse mit vermehrtem Wachstum des Wadenbeins pflegen, namentlich bei nicht zu alten Leuten, das Wachstum des Schienbeins in hohem Grade zu beeinflussen und zwar im Sinne vermehrter homodromer Drehung. Handelt es sich z. B. um eine Nekrose des Wadenbeins mit vermehrtem Wachstum in die Länge, so übt das Wadenbein einen beständigen Zug im Sinne der Streckung am Schienbein aus. Was geschieht hierbei in der obern Epiphysenlinie des Schienbeins? Wir werden dort in der äussern, dem Wadenbein zunächst liegenden Hälfte einen stärkern distrahierenden Zug haben, als in der innern Hälfte. Die Folge ist die, dass in der äussern Hälfte stärkeres Wachstum eintritt, es entsteht unter Umständen ein Knickungswinkel in der Epiphysenlinie, dessen Scheitel innen liegt, und welcher sich nach innen öffnet. Dazu kommen jedoch noch zwei Momente hinzu, welche dem Wachstum in der Epiphysenlinie einen spiraligen Charakter verleihen, und zwar in homodromem Sinne, nämlich:

1) der Umstand, dass mit dem vermehrten Wachstum stets die vermehrte Wachstumsdrehung Hand in Hand geht;

2) der Umstand, dass das Wadenbein nicht parallel zum Schienbein, sondern in homodromer Spiralstellung von oben hinten, nach unten vorn zu ihm steht.

Beide Umstände vereinigt mit der obengenannten Knickung bedingen als Gesamtergebnis eine vermehrte Spiraldrehung und Spiralkrümmung des Schienbeins.

Herr von Bergmann stellte einen hierhergehörigen Fall am 7. Dezember 1886 in der Klinik vor. Der Kranke litt seit 6 Jahren an Nekrose des linken Wadenbeins, welches bereits um 3 cm länger war als dasjenige der andern Seite. Das Schienbein war in der obern Epiphysenlinie innen eingeknickt und zeigte vermehrte Spiralkrümmung.

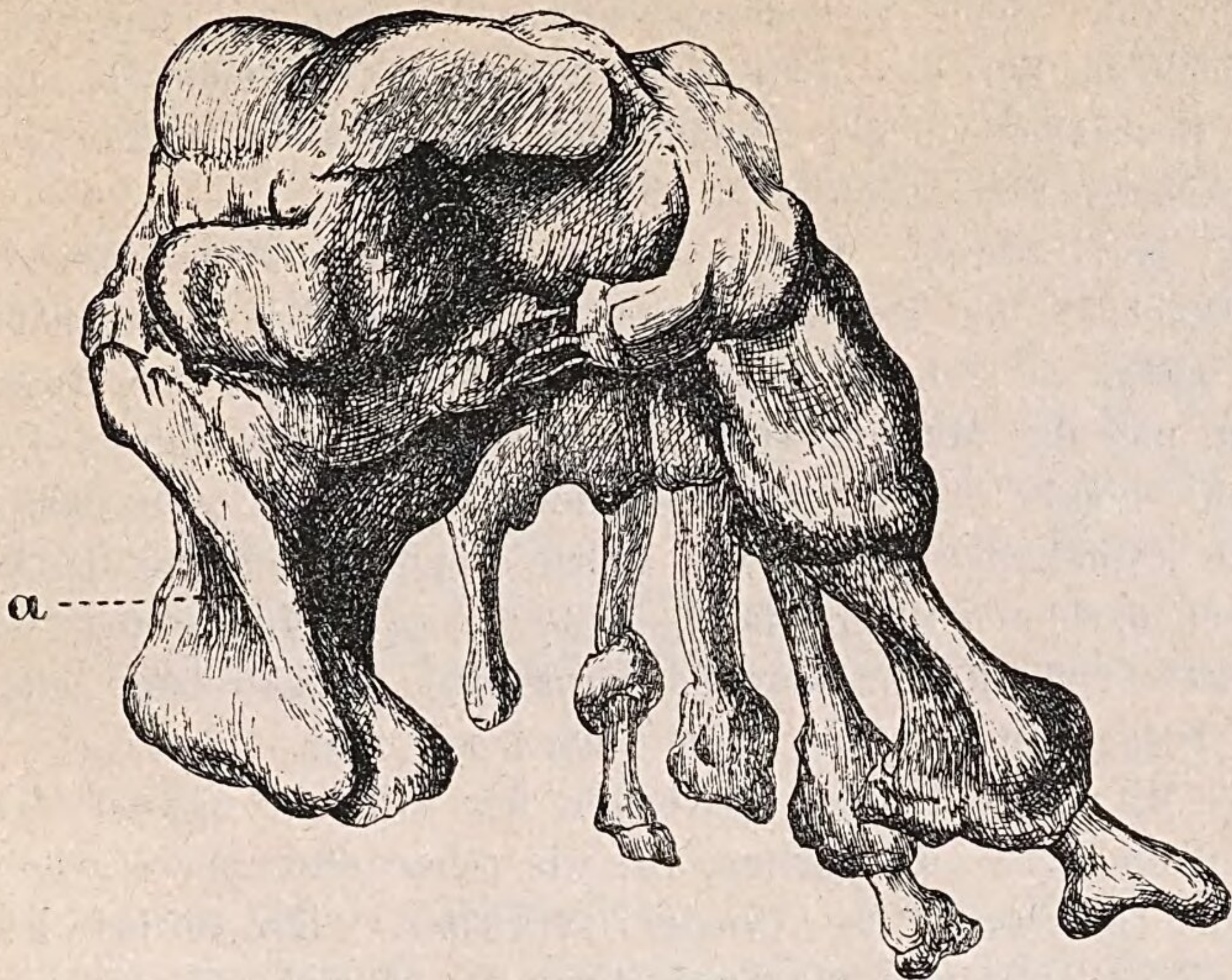
32) Schienbeinbrüche mit sogenanntem Klarinettenschnabel. Die eigentümlich spiraligen Verhältnisse der Drehungserscheinungen am menschlichen Schienbein, wie ich sie S. 47 des Drehungsgesetzes geschildert, erklären uns die Form mancher Schienbeinbrüche. Die unter dem Namen der Klarinettenschnabelbrüche bekannte Form, welche zu der Gruppe der Spiralfrakturen zu rechnen ist, zeigt bekanntlich den Bruchverlauf so, dass ein oberes Bruchstück entsteht, dessen Klarinettenschnabel von der vordern Schienbeinkante gebildet wird, somit nach vorn gelegen ist. Der weniger charakteristisch ausgebildete Klarinettenschnabel des untern Bruchstücks ist

nach hinten und oben gerichtet. Dies kommt daher, dass die Faserung auf der innern Schienbeinfläche eine antidrome ist, während diejenige der andern Flächen homodrom verläuft. Es konvergieren somit die Fasern der innern und äussern Fläche nach unten und vorn und zeigen den Bruchspalten im Knochen gleichsam den Weg. Letztere pflegen in ihrer Richtung die Knochenfaserrichtung mehr oder weniger einzuhalten, sie werden somit an der innern Fläche des Schienbeins von oben innen nach unten aussen verlaufen, an der äussern Fläche des Schienbeins von oben aussen nach unten innen. Beide Spaltrichtungen nähern sich somit nach unten hin einander, bis sie schliesslich durch einen mehr oder weniger queren Knochenriss mit einander verbunden werden. Damit ist der Klarinettenschnabelbruch fertig.

33) Angeborene Missbildungen mit Mangel des Schienbeins sind fast stets mit verringerter Wachstumsdrehung der Fusswurzel verknüpft. Ich habe dies schon im Drehungsgesetz gesagt. Neuerdings finde ich ein interessantes, hierhergehöriges Präparat, No. 131 des Königl. Klinikum. Das Schienbein fehlt, der Fuss steht in Klumpfussstellung. Was dieses Präparat ferner sehr lehrreich macht, ist das Verhalten des Wadenbeins. Letzteres besitzt samt den Musculi peronei die homodrome Drehung, welche denselben im normalen Zustande bekanntlich fehlt. Ich glaube deshalb annehmen zu dürfen, dass die normal vorhandene Antidrome sich nach Fig. 5 auf S. 12 des Drehungsgesetzes dadurch erklärt, dass das stärkere Drehungsgebiet des Schienbeins das schwächere Drehungsgebiet des Wadenbeins überwindet. Beide Gebiete berühren sich im Zwischenknochenraum, dort sind die Drehungsrichtungen derselben entgegengesetzte, die mächtige Schienbeindrehung zwingt die schwächere Wadenbeindrehung zur Umkehr (Antidrome) gleichwie das stärkere von zwei ineinandergreifenden Kammrädern seinen schwächeren Nachbar in umgekehrtem Sinne herumwälzt. Aber das Schienbein erhält bei seinem Kampfe mit dem Wadenbein auch etwas ab und das ist die Antidrome seiner inneren Fläche. Beim angeborenen Mangel des Schienbeins fällt die Ueberwältigung des Wadenbeins fort und letzteres dreht nunmehr in homodromem Sinne in gleicher Weise wie bei Tieren, deren Schien- und Wadenbein verschmolzen sind und nur ein einziges Drehungsgebiet darstellen.

34) Fuss. Das Sprungbein und Fersenbein sind homodrom gedrehte Knochen. In krankhaften Zuständen kann die normale Drehung ausbleiben (primärer angeborener Klumpfuss), oder die bereits vorhandene Drehung zurückgebildet werden (sekundärer, durch Druck der Gebärmutterwand etc. entstandener angeborener oder später erworbener Klumpfuss). Dass wir durch Anwendung einer der homodromen Wachstumsrichtung entgegenwirkenden Kraft imstande sind, die bereits vorhandene Homodrome in die Antidrome zu verwandeln, lehrt Fig. 3, das Fuss skelett einer Chinesin. Es handelt sich dabei um die hochgradigsten Wachstumsstörungen unter Anwendung von Zug und Druck im zarten Kindesalter. Der Hacken des linken Fersenbeins, welcher rechtsspiralig gewunden sein sollte, ist infolge

Fig. 3.



Fussskelett einer Chinesin. Umkehr der Wachstumsdrehung des Fersenbeinhackens durch künstlichen Zug und Druck.

davon in der hochgradigsten Weise linksspiralig, d. h. antidrom, torquiert. Dieses Präparat beweist, dass wir auch umgekehrt imstande sind, die ausgebliebene oder krankhaft zurückgebliebene Wachstumsdrehung eines Knochens durch Anwendung von Zug und Druck wieder der normalen Drehungsrichtung entgegenzuführen, den zu stark gedrehten Knochen hingegen zurückzudrehen. Von diesem Gesichtspunkte aus beabsichtige ich an anderer Stelle einen Beitrag zur orthopädischen Chirurgie zu liefern.

34) Dass in den Fusswurzelgelenken neben den Bewegungen der Plantar- und Dorsalflexion auch spiralige oder schraubenartige Bewegungen, Rollungen, Axendrehungen, Schlussrotationen, Lateralverschiebungen stattfinden, geht aus der spiraligen Bildung ihrer Flächen hervor. Auf diese Verhältnisse haben bereits Langer im Jahre 1856, Henke auf S. 254 seines Werkes vom Jahre 1863, Meyer auf S. 304 u. ff. seines Werkes vom Jahre 1873 und neuerdings Bögle auf S. 69 und 75 seines Werkes vom Jahre 1885 genügend aufmerksam gemacht. Meyer wies die Schlussrotation im Gelenke zwischen Fersen- und Würfelbein nach; Bögle sagt, dass die Gestaltveränderung, welche das ganze Fussskelett während einer ganzen Periode der Beinbewegung beim Schreiten erlitten hat, in einer Torsion mit nachfolgender Detorsion besteht, und dass die schraubig windende Verschiebung der einzelnen Fusswurzelknochen in ihren Gelenken eine Senkung des Fussgewölbes beim Auftreten ermöglicht. Durch die Belastung des Fusses beim Auftreten wird nämlich eine der homodromen Wachstumsdrehung entsprechende Drehstellung der ganzen Fusswurzel zustande gebracht (Vermehrung der homodromen Drehung mit Abplattung

des Fussgewölbes), welche sich bei der Entlastung wiederum gleichsam zurückschraubt. Beide Bewegungsrichtungen lassen sich an dem Fersen- und Würfelbein auf das deutlichste demonstrieren, und die eigenartige spiralige Beschaffenheit der zugehörigen Gelenkflächen würde Drehungen im umgekehrten Sinne überhaupt nicht zulassen.

35) Mittelfuss. Obgleich man die homodrome Drehung der Mittelfusssknochen der meisten Menschen mit grosser Deutlichkeit sehen kann, so pflegt sie sich an denjenigen der Buschmänner am prachvollsten zu zeigen, und das Mittelfussskelett der letzteren, als Ganzes betrachtet, bildet eine beinahe ebenso schöne homodrome Spirale, wie dasjenige der Affen. In krankhaften Zuständen, welche eine verringerte Drehung der Fusswurzel darbieten (Klumpfuss), tritt an dem Mittel- und Vorderfuss nicht selten eine kompensierende vermehrte Spiraldrehung ein, welche teilweise Folge der Belastung beim Gehen sein mag.

36) Mit mangelhaftem Wachstum der Glieder, sowohl demjenigen ante als demjenigen post partum, ist, wie schon öfter hervorgehoben, stets mangelhafte Drehung der Glieder verknüpft. Ein höchst lehrreiches Beispiel dieser Art wurde mir durch Herrn Dr. Morian in Berlin freundlichst vorgeführt. Es betraf einen 29 Jahre alten Mann, dessen Arme und Beine im Vergleich zum Rumpf um etwa 10—12 cm zu kurz waren. Die Verkürzung betraf vorwiegend die Vorderarme und Unterschenkel, weniger, obgleich dennoch deutlich nachweisbar, die Oberarme und Oberschenkel. Die Drehungen der Knochen verhielten sich nun folgendermassen: 1) Die Rotatoren des Oberarms befinden sich insofern gegenüber der Norm im Nachteil, als sie den Oberarm wohl sehr stark nach aussen, dagegen nur schwach nach innen rotieren können; es fehlt eben derjenige Anteil der Innenrotation, um welchen die natürliche Wachstumsdrehung an sich das untere Ende des Humerus gegen das obere nach innen dreht. Bei der Aussenrotation kommt somit der Condylus internus fast frontal zu stehen, was bei der Aussenrotation des gesunden Oberarms nicht möglich ist. 2) Der Handrücken ist bei herabhängendem Arm nicht, wie es sein sollte, nach vorn, sondern nach aussen gerichtet; die Rotationen des Radius sind beschränkt, und bei der stärksten Innenrotation erreicht der Handrücken die frontale Stellung nicht. Soviel sich durch das Gefühl erkennen lässt, besitzt der Radius seiner äusseren Form nach antidrome Drehung. 3) Der Condylus internus femoris ist etwas nach vorn gerichtet und kann bei Aussenrotationen leicht frontal gestellt werden; die Kniescheibe sieht nach vorn und aussen. Die Einwärtsrollung des Oberschenkels ist beschränkt. 4) Die Unterschenkel zeigen der äusseren Form nach leicht antidrome Windung.

37) Äusseres Skelett wirbelloser Tiere. Das äussere Skelett der Wirbellosen zeigt in vielen Fällen die homodrome Drehung seiner beiden Hälften ebenso deutlich oder gar deutlicher als das innere Skelett der Wirbeltiere. Indem ich mir vorbehalte, in dem Kapitel IX, Haut,

hierüber einige Mitteilungen zu machen, möchte ich hier nur an die Extremitäten der Arthropoden erinnern. Wie prachtvoll homodrom sind die Beine der Krustentiere gedreht! Sie stellen spiralig gewundene hohle Röhren dar, deren Homodrome sofort in die Augen fällt. Und wenn man an den durch Syndesmose hergestellten Gelenkverbindungen den spiraligen Charakter nicht nachweisen kann, so ist das Resultat der Gelenkbewegungen durch die Form obiger Röhren, durch die spiralige Muskulatur in denselben u. s. w. eine im höchsten Grade spiralige, schraubenartige. An den Gelenkverbindungen der homodrom gewundenen Schuppen im Schwanz der Krebse lässt sich ferner die spiralige Windung der konvexen und konkaven Gelenkflächen ohne weiteres erkennen. Auch bei den Insekten pflegt die homodrome Drehung der Beine sehr ausgesprochen zu sein, was man selbstverständlich am deutlichsten an recht grossen Exemplaren beobachtet.

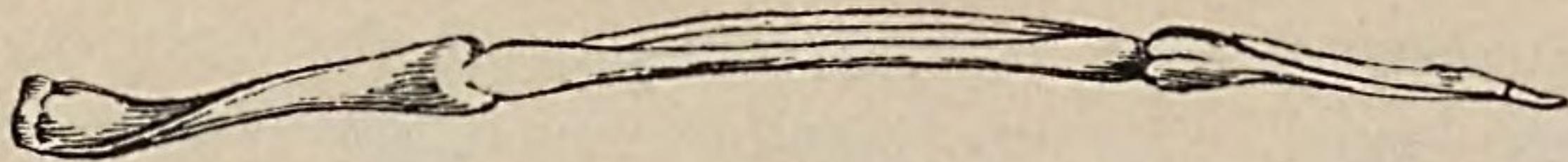
38) Litterarische Bemerkungen. Den in dem Drehungsgesetz und im Vorangehenden dieses Beitrages gemachten litterarischen Angaben füge ich nachträglich folgende hinzu:

a. Im Dictionnaire des sciences méd. von 1821 finden sich im 55. Bande unter tordu und torsion folgende Stellen: Nachdem der Begriff von Torsion gegenüber demjenigen von Courbure festgestellt ist, heisst es „L’humérus est tordu, le fémur est courbé. La torsion semble parfois le résultat d’effort latéraux musculaires; le plus souvent elle paraît provenir d’une organisation primitive, telle est celle des branches de la mâchoire inférieure, cet La courbure et la torsion des os ont lieu pour ménager les points d’attache La torsion est en général congénitale, les courbures, au contraire, semblent s’effacer avec l’âge“

b. Pettigrew’s interessantes Werk lernte ich erst im November 1886 kennen. Der Verfasser hat in demselben die Ergebnisse langjähriger Untersuchungen, deren Resultate zum Teil schon in den Verhandlungen der Kgl. Gesellschaft zu Edinburg vor 1874 veröffentlicht sind, zusammengefasst. Er nahm seinen Ausgangspunkt von der anatomischen Beschaffenheit der Körperteile, und dabei fand er eine grosse Reihe von Thatsachen, welche auf einen schraubenartigen Bau, sowie auf schraubenartige Funktion hinweisen. Er sagt auf Seite 3, dass die Kurven, welche das Rad der Lokomotive und die Schraube der Schiffe bilden, sich auch in den Bewegungsflächen aller Tiere finden, seien es nun Beine mit Füssen, oder Flossen oder Flügel. — Weitere Stellen über spiralige Beschaffenheit der Knochen sind folgende: Seite 21 u. f. „Wenn ich die aus den Muskeln herausgelösten Knochen, etwa die Knochen der vordern Extremität eines Vierfüssers oder eines Vogels, mit einem Ausguss der Höhlung eines hohlen Muskels, etwa der linken Herzkammer eines Säugetiers, vergleiche, so finde ich, dass die Knochen und der Ausguss um sich selbst gedreht

sind und elegante Schrauben bilden, deren Züge in gleicher Richtung laufen. Fig. 6 stellt die Knochen eines Vogelflügels, Fig. 7 die Knochen

Fig. 4.



Vogelflügel; zeigt, wie die Knochen des Oberarmes a, Unterarmes b und der Hand c gedreht sind und eine konische Schraube bilden; nach Pettigrew.

der vordern Extremität des Elefanten und Fig. 8 den Ausguss der Höhlung der linken Herzkammer vom Hirsch dar. (S. nebenstehende

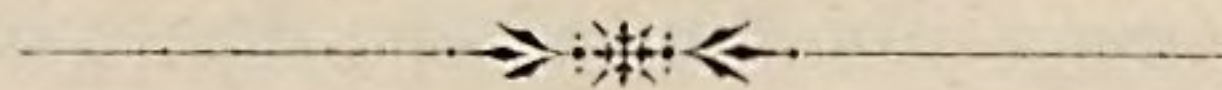
Fig. 5.



Vordere Extremität des Elefanten; zeigt, wie die Knochen des Oberarmes q, des Unterarmes q'x und des Fusses o so gedreht sind, dass sie eine knöcherne Schraube bilden; nach Pettigrew.

Fig. 4 und 5.)“ — S. 26 sagt Pettigrew: „Die Knochen der Extremitäten sind um sich selbst schraubenartig gedreht und mit Gelenkflächen versehen, welche die Bewegungen der Muskelkreise im vergrößerten Maasse anzeigen.“ — S. 17 u. f. „Wo die Gliedmassen sich einfach in einer Ebene hin- und herbewegen sollen, ist das Ginglymus- oder Angelgelenk in Anwendung gebracht. Diese Gelenke sind meistens spiralig gebaut. Sie gestatten in manchen Fällen in beschränktem Grade eine seitliche Verschiebung. — S. 18: „Langer, Henke und Meissner gelang es die „Schraubenbildung“ der Gelenkflächen am Ellenbogen-, Fuss- und Calcaneo-astragalusgelenk nachzuweisen; Goodsir hat gezeigt, dass die Gelenkfläche des Kniegelenks in „einer doppelten kegelförmigen Schraubenverbindung“ besteht. Mir ist es gelungen, eine ähnliche spiralige Bildung an den verschiedenen Knochen und Gelenken des Flügels der Fledermäuse und Vögel und an den Extremitäten der meisten

Vierfüßer nachzuweisen. Die Knochen der Tiere, besonders diejenigen der Extremitäten, sind in der Regel gewundene Hebel und wirken nach Art von Schrauben.“ — S. 64. „Die vorderen Extremitäten des Seelöwen oder der Ohrenrobbe (*Otaria jubata*) sind schraubenartige Gebilde und drehen sich, wenn sie im Wasser gehoben und gesenkt werden, wie eine Schraube hin und her S. 60. „Die Flossen rotieren oder drehen sich, und ihre freien Ränder schlagen in Spiralbewegungen ähnlich wie der Flügel des Vogels.“ — S. 25. „Das Gehen des Menschen und der Tiere findet unter unausgesetzten spiraligen Bewegungen der Wirbelsäule statt Wo Gliedmassen vorhanden sind, sind die Spiralbewegungen der Wirbelsäule durch typische Kugelgelenke an der Schulter und am Becken auf die Extremitäten übertragen.



Kapitel II.

Muskeln und Sehnen.

(Vergleiche S. 55—57 des Drehungsgesetzes.)

Jegliches Muskelfleisch ist spiralig gewunden, sowohl dasjenige der Wirbeltiere als dasjenige der Wirbellosen, sowohl im Zustande der Ruhe als im Zustande der Kontraktion. In letzterem Zustande pflegt es hochgradiger gewunden zu sein, d. h. die Spiralensteigung nimmt ab, der schräge Verlauf der Faserung an langen Muskelmassen wird auffallender. Die spiralige Beschaffenheit betrifft nicht nur ganze Muskeln, sondern auch die gröberen und feineren Muskelbündel, ja wie ich in dem Drehungsgesetz gesagt, jede einzelne Muskelfaser.

Lässt sich nun für die Muskeln dieselbe Drehungsrichtung nachweisen, wie für die Knochen? Haben die Muskeln der rechten Körperhälfte links-spiralige, diejenigen der linken Körperhälfte rechtsspiralige Drehung?

Um diese Fragen zu beantworten, hatte ich den Entschluss gefasst, jeden grössern Muskel des menschlichen Körpers für sich zu kochen, weil dadurch die Anordnung der Muskelbündel, sowie der Faserverlauf des Muskels viel deutlicher wird. Schon bei dem ersten Versuch, den ich nach dieser Richtung hin anstellte und welcher die Muskeln des menschlichen Oberarms betraf, erhielt ich ein so positives Resultat, dass ich es für genügend hielt, ganze Stücke von Leichen, deren Muskeln anatomisch präpariert waren, in der geschilderten Weise zu behandeln. Ich benützte hierzu Präparate aus dem anatomischen Institut, welche mir von Herrn Professor Waldeyer gütigst zur Verfügung gestellt wurden.

Obere Gliedmassen.

Am prachtvollsten gestalten sich hier die Verhältnisse an den Muskeln des Oberarms. Der schräge Faserverlauf der Muskeln auf der Streckseite, Triceps brachii, welcher von oben innen nach unten aussen gerichtet ist, fällt hier so sehr auf, dass er bei oberflächlichster Betrachtung nicht über-

sehen werden kann. Die hochgradigste homodrome Drehung wird sich begreiflicherweise an dem inneren Kopf dieses Muskels geltend machen, weil er in homodromer Spirale, gleich dem Nervus radialis, den Knochen schräg von oben nach unten umkreist. Der mittlere Kopf zeigt denselben Faserverlauf, nur etwas weniger schräge; selbst der äussere Kopf des Triceps ist in seiner obern Hälfte homodrom, in seiner untern, deren Fasern verhältnismässig sehr schräge von aussen oben nach innen unten ihre Vereinigung mit der übrigen Muskelmasse suchen, kann die Drehung der Fasern eine antidrome werden. Aber auch die gröberen Bündel des Triceps scheinen umeinander gewunden zu sein, und selbst in der Sehne ist homodrome Drehung nachweisbar. Wird der eine Ansatz des gekochten Muskels gelöst, so dass letzterer sich noch mehr verkürzen kann, so wird die schräg spiralige Richtung der Muskelfaserung noch bedeutend erhöht, die Windung wird stärker, die Spiralensteigung nimmt ab; in diesem Zustande erscheint die Sehne dann ebenfalls noch mehr in homodromem Sinne gewunden.

In ganz ähnlicher Weise verhalten sich die Beugemuskeln, der Biceps brachii und der Brachialis internus. Entsprechend der Faserrichtung des Knochens haben letztere eine Faserrichtung von oben aussen nach unten innen. Am auffallendsten zeigt sich dies am langen Kopf des Biceps, dessen Sehne zwischen den beiden Tuberculis humeri bereits in homodromer Drehung ansetzt. Der spiralige Verlauf des Sulcus bicipitis des Knochens spricht für die gleiche Drehung in der Sehne und in ihrem Muskel. Aber auch der innere Kopf des Biceps und der ganze Brachialis internus zeigen den homodromen Faserverlauf in auffallendem Masse.

Schon v. Meyer war der schräge Faserverlauf der Muskulatur am Oberarm so sehr aufgefallen, dass er in ihr die Ursache für die Entwicklung des Schraubenganges im Ellenbogengelenk suchte. Er drückt dies auf S. 156 seines Werkes folgendermassen aus: „Die Ursache für die Entwicklung des Schraubenganges im Ellenbogengelenk ist ohne Zweifel zu suchen in dem Gegeneinanderwirken des Triceps und Brachialis internus, von denen der erstere mehr von innen nach aussen, der letztere mehr von aussen nach innen die Hauptrichtung seiner Kraft abweichen lässt.“

Verfolgen wir in ähnlicher Weise die Drehungsrichtung der übrigen Muskeln des Armes, so finden wir, dass die überwiegende Mehrzahl und Masse derselben in homodromem Sinne gewunden ist. So fand ich den Deltoideus, Pectoralis major und minor, den grössten Teil des Subclavius, den Serratus anticus major, den Supraspinatus, die obere Hälfte des Infraspinatus, den grössten Teil des Subscapularis, den Teres minor, den Coracobrachialis, sämtliche Strecker am Vorderarme und der Hand samt ihren Sehnen richtig gedreht. Der Teres major ist zum grössten Teil antidrom, der Supinator longus unbestimmt, der Supinator brevis prachtvoll homodrom, der Pronator teres nur teilweise homodrom; ebenso kommen in der Muskulatur auf der Beugeseite des Vorderarmes, besonders in derjenigen des Zwischenknochenraumes, antidrom gedrehte Teile vor. In der Hohl-

hand fand ich den *Palmaris brevis* prachtvoll homodrom, ebenso den *Abductor* und den *Opponens digiti minimi*; an dem Daumballen erwies sich der *Flexor brevis* und *Adductor* homodrom, der *Opponens* antidrom. Von den *Interossei externi* ist der äussere Kopf homodrom, der innere antidrom.

Im grossen und ganzen muss somit der Gesamtmuskulatur des Armes die gleiche Drehung zuerkannt werden, wie den Knochen derselben.

Muskeln der Beine.

Die Muskulatur der Beine verhält sich entsprechend derjenigen der Arme. Alle 3 *Glutaei*, mit Ausnahme eines kleinen Teiles des *Glutaeus maximus* sind richtig gedreht, besonders der *Glutaeus minimus*; richtig fand ich ferner den *Pyriformis* und den *Obturator externus*, während der *Obturator internus* und die *Gemelli*, ferner der *Quadratus femoris* unbestimmt blieben. Der *Iliacus internus* und *Psoar major* zeigen eine prachtvolle homodrome Drehung, ebenso wie sämtliche Muskeln an der vordern Seite des Oberschenkels mit Ausnahme eines Teiles des *Vastus internus*. Der *Pectinaeus*, *Gracilis* und die 3 *Adductoren* sind ebenfalls homodrom. An der hintern Schenkelseite fand ich den *Biceps femoris* richtig, den *Semitendinosus* und *Semimembranosus* unbestimmt. Ferner zeigten die richtige Drehung sämtliche Muskeln an der Vorderseite des Unterschenkels und Fusses. An der hintern Seite des Unterschenkels ist die innere Hälfte des *Triceps surae* ganz, die äussere Hälfte nur teilweise richtig. Der *Plantaris*, ein grosser Teil des *Tibialis posticus*, das *Flexor hallucis longus* und *Flexor digitorum longus* sind homodrom, der *Peroneus longus* und *brevis* antidrom. Von den Muskeln der Fusssohle fand ich homodrom den *Quadratus plantae* und den *Flexor hallucis brevis*.

Kopf.

Der *Musculus frontalis* ist richtig gedreht, ebenso der *Corrugator supercilii*. Sämtliche Augenmuskeln in der Augenhöhle sind antidrom. Die Kiefermuskeln, *Masseter*, *Buccinatorius*, die *Pterygoidei* sind richtig gedreht, diejenigen der Nase, des Mundes, Ohres u. s. w. sind unbestimmt.

Hals.

Von den Muskeln des Halses sind der *Sternocleidomastoideus* und die *Scaleni* am schönsten homodrom gedreht, weniger deutlich die vom Brustbein zum Kehlkopf und Zungenbein gehenden Muskeln. Der hintere Bauch des *Digastricus* ist homodrom, der vordere leicht antidrom. Der *Mylohyoideus* und *Geniohyoideus* sind homodrom, die Muskulatur der Zunge antidrom. Die eigentlichen Schlund-, Gaumen-, Kehlkopf- und tiefen Halsmuskeln habe ich nicht untersucht.

Rücken.

Der *Musculus trapezius* ist grösstenteils homodrom, am prachtvollsten der am Schlüsselbein ansetzende Teil; der von dem Hinterhaupt und den

Wirbeln kommende Ursprung des Muskels ist eine kleine Strecke weit leicht antidrom. Der ganze Latissimus dorsi ist antidrom, man vergleiche S. 56 des Drehungsgesetzes. Der Levator anguli scapulae ist homodrom, ferner der Rhomboideus major und minor, deren Ursprünge jedoch von den Dornfortsätzen aus eine kurze Strecke weit antidrom verlaufen, und zwar bis jenseits der Processus transversi der Wirbel. Von den tiefen Rücken- und Nackenmuskeln ist, entsprechend der Antidrome der Dornfortsätze und des Hinterhaupts, ein grosser Teil antidrom gewunden; so sind z. B. der Splenius capitis et colli, der Biventer cervicis, der Semispinalis dorsi, der Multifidus spinae antidrom. Der Serratus posticus superior und inferior sind unbestimmt, der Quadratus lumborum grösstenteils richtig.

Brust und Bauch.

Die Brust- und Bauchmuskeln sind grösstenteils richtig gedreht. So ist der ganze Obliquus abdominis externus richtig, der Obliquus internus bis auf den hintern untern Teil ebenfalls. Prachtvoll homodrom sind die Rippenansätze des Transversus abdominis; auch der Rectus abdominis ist homodrom. Die Fasern des Cremaster sind gleichfalls homodrom.

Das Muskelfleisch scheint sich somit in seiner Anlage durchweg in derselben Weise zu winden wie die Knochen. An den Gliedern erscheint das Fleisch der Streckseite hochgradiger gewunden als dasjenige der Beugeseite.

Das Fleisch der Säugetiere, Vögel, Amphibien und Reptilien verhält sich analog demjenigen des Menschen. Bei den Vögeln dürfte die Muskulatur der Brust und Flügel, bei den Amphibien diejenige des Oberschenkels die schönsten Beispiele für die homodrome Drehung derselben sein. — Ueber die Muskeln der Fische siehe weiter unten bei Pettigrew. — Die Muskeln der wirbellosen Tiere nehmen zum grossen Teil ihren Ursprung von dem äussern Skelett. Da letzteres nun, wie man es besonders schön an den Gliedern der Gliedertiere sieht, eine wundervolle homodrome Drehung seiner äussern Form nach besitzt, und die Muskeln gleichsam Ausgüsse der hohlen Skelettröhren sind, so besitzen die Muskeln meist eine prachtvolle homodrome Windung ihrer äussern Form nach. Reisst man ferner die Muskulatur aus irgend einem Gliede einer gekochten Crustacee (z. B. eines Krebses) der Länge nach in zwei Hälften auseinander, so wird man erkennen, dass die Rissfläche eine homodrom spiralige ist.

Die spiralige Anordnung der Muskeln ist schon vielfach Gegenstand naturwissenschaftlicher und ärztlicher Forschung gewesen. Die Zoologen pflegen vielfach aus schraubenartigen Bewegungen, welche wellenförmig über den Körper hingehen, bei den niedersten Tieren die Diagnose auf das Vorhandensein von Muskeln überhaupt und auf deren spiralige Anordnung im Körper des betreffenden Wesens zu stellen. Mit der spiraligen Anordnung der Muskeln des menschlichen Körpers, besonders derjenigen des Stammes, haben sich besonders Eduard Weber und nach ihm

A. W. Volkmann beschäftigt; beide haben diese spiralige Anordnung mit den Drehbewegungen der Wirbelsäule in Verbindung gebracht. Das Nähere hierüber findet man in den Lehrbüchern der Physiologie. Auch Pettigrew kommt auf S. 21 u. ff. seines Werkes auf die anatomische Anordnung der Muskeln zu sprechen. Er sagt: „Es ist ein merkwürdiger Umstand und verdient wohl die Aufmerksamkeit Aller, die sich für Homologien interessieren, dass die Muskeln der obern und untern Extremität, namentlich aber die des Rumpfes, in longitudinalen, queren und schrägen Spirallinien und in Lagen oder Schichten genau wie in den Herzkammern und in den hohlen Muskeln im allgemeinen angeordnet sind. Wenn ich mir also aus diesen Gegenden den Knochen herausgenommen denke, so erhalte ich einen typischen hohlen Muskel.“ — S. 23: „Das Muskelsystem der Fische scheint nach einem vierfachen Plane gebaut zu sein; es sind vier Gruppen von Längsmuskeln und eine gleiche Anzahl von wenig schrägen und schrägen Muskeln; die schrägen Muskeln haben spiraligen Verlauf und kreuzen oder schneiden sich unter verschiedenen Winkeln.“ — S. 24: „Die Fasern der Myocomma's (grand muscle latéral Cuvier) sind zwar mehr oder weniger längs gerichtet, dabei verfolgen die Myocomma's jedoch eine spiralige Windung von vorn nach hinten und von innen nach aussen, d. h. vom Rücken zur Peripherie.“ Macht man sich diese Beschreibung Pettigrew's am Fischkörper klar, so muss man den Myocomma's der Fische die homodrom spiralige Windung zuerkennen.

Bögle sagt auf S. 44 von der Muskulatur, sie habe einen gewundenen Verlauf, die Muskelfasern seien nach links oder rechts gewunden und verbinden mit dem Zuge in ihrer Längsrichtung während der Kontraktion stets eine drehende Wirkung in dem einen oder andern Sinne. Die Muskeln winden sich entweder direkt auf den Knochen auf oder in einiger Entfernung von dessen Oberfläche auf die Peripherie der ihn bedeckenden Weichteile; oder aber, S. 45, die zu Bündeln vereinigten Fasern wickeln sich um sich selbst und ihre Sehnen auf. — S. 55 ist von dem Biceps femoris die Rede, dessen Fasern am linken Bein rechtsgewunden sind, während diejenigen des Semitendinosus entgegengesetzte Richtung haben. — Auf S. 71 seines Werkes kommt Bögle zu allgemeinen Schlussfolgerungen und sagt, dass wir entsprechend der Torsion und Detorsion des Skeletts auch überall Detorsion der Muskeln während ihrer Kontraktion und Torsion während ihrer Dehnung beobachten. Nachdem er dann S. 73, entsprechend den Muskeln und Knochen, auch die Bänder in zwei Gruppen geschieden hat, die nach entgegengesetzten Richtungen spiralig gewunden sind, stellt er S. 74 den Satz auf, dass die Muskeln die spiraligen Windungen der Knochen fortsetzen, aus welchen sie heraustreten, und er fährt dann fort: „Die unmittelbare Fortsetzung der dynamischen Linien von einem Gewebe auf ein anderes scheint darauf hinzudeuten, dass dieselben in einer sehr frühen Periode der Entwicklung eine wichtige Rolle gespielt haben zu einer Zeit, wo Muskeln, Knochen und Bänder noch eine

mehr gleichförmige, nicht differenzierte Masse waren. — Ordnet man die histologischen Unterschiede der Gewebe, welche in ihrem Zusammenhang unsere dynamischen Linien in continuo darstellen, diesen selbst unter, so erhält man zwei entgegengesetzt gewundene Spiralsysteme, deren jedes aus Muskeln, Knochen und Bändern besteht. Sie deuten die Bewegung an, welche das embryonale Bildungsplasma während seiner Organisation erfahren hat.“ — Die Bewegungen sowohl der Beine als der Arme bezeichnet Bögle auf S. 86 u. ff. seines Werkes als schraubenförmige. Für die Arme lasse sich dies besonders gut beim schulgerechten Schwimmen erkennen, der Körper arbeite sich durch die Schwimmbewegung in ähnlicher Weise fort, wie das Schiff durch seine Schraube.

Das Schlussergebnis der Arbeit von Bögle lautet: „Die Formen der Organe und diejenigen ihrer Bewegung „des schneckenförmigen Windens“ sind sich einander geometrisch ähnlich, die einen lassen sich aus den andern ableiten.“

Wer sich für die mannichfaltigen spiraligen schraubenartigen Bewegungen nicht nur der Glieder, sondern auch der Wirbelsäule und des Rumpfes des Menschen und der Tiere interessiert, dem seien die höchst lehrreichen Schilderungen von Pettigrew, dessen Arbeiten über diesen Gegenstand bis zum Jahre 1867 zurückreichen und zum Teil in den Proceedings of the Royal-Institution of Great Britain niedergelegt sind, und ferner das obige Werk von Bögle empfohlen.

Schöne Beispiele von in die Augen fallenden spiraligen Bewegungen der vordern Gliedmassen bieten das Pferd und der Hund dar. Man achte nur auf das Nachausschlagen der Vorderhufe, wie man es bei jungen feurigen Hengsten sowohl im Schritt als im Trabe beobachten kann und welches wesentlich der Ausdruck der öfter erwähnten Schlussrotationen in den Gelenken der Glieder ist. — Hunde, namentlich kurzbeinige Bracken, bieten dasselbe Phänomen beim Laufen und namentlich beim Scharren von Löchern in den Boden dar.

Die spiralige Beschaffenheit der glatten Muskelfasern habe ich in dem Drehungsgesetz auf S. 55 und ferner bei den einzelnen Organen, welche glatte Muskelfasern besitzen, besprochen. Wie ich aus einer interessanten Arbeit von H. Beneke ersehe, tritt der spiralige Charakter derselben, welcher im normalen Zustande manchmal auf den ersten Blick nicht zu erkennen ist, bei Degenerationsvorgängen oder bei postmortalen Veränderungen derselben sehr deutlich zu Tage. Schon sehr bald nach dem Tode treten Veränderungen in dem Protoplasma der glatten Muskelfasern ein derart, dass eine Anzahl feinster blasser Körnchen in der Faser auftreten. Letztere pflegen sich alsbald zu scharfumschriebenen Bändern zu gruppieren, wie dies schon von Heidenhain 1861 beschrieben worden ist. Die genannten Bänder ziehen fast sämtlich in Spiralen schräg zur Längsaxe der Muskelzelle hin. Beneke hat dies in acht von seinen 21 Figuren auf Tafel 1 abgebildet. In folgender Figur 6 a und b sind zwei

Fig. 6.



Hyaline Degeneration glatter Muskelfasern nach Beneke.

solcher veränderten Zellen abgebildet. Ferner fand Beneke, indem er glatte Muskelfasern des Kaninchenmagens durch einprozentige Osmiumsäure reizte, oder indem er den Magen in situ faradisierte, dass die glatten Muskelfaserzellen anfangs trübe, später glänzend und spröde und fast alle spiralig erschienen. An einem stark erweichten Magen nahmen die glatten Muskelfaserzellen beim Erwärmen eine eigentümliche stark korkzieherartige Gestalt an.

Die spiralige Beschaffenheit der Sehnen lässt sich am schönsten in denjenigen Fällen nachweisen, wo die Sehnen durch Einlagerung von osteoidem Gewebe eine mehr starre Form erhalten; deshalb empfehlen sich am besten zum Nachweis der Drehung die Sehnen der Vögel, besonders diejenigen der Metatarsalgegend, deren Sehnen, bei grössern Vögeln wenigstens, fast stets verknöchert sind. Freilich findet man unter diesen Sehnen nicht nur homodrome, sondern auch antidrome, während die Metatarsalknochen fast stets homodrom gedreht sind, wie man sich an den Knochen

der Raubvögel mit Leichtigkeit überzeugen kann.

Da man bei den grossen Vögeln nicht selten ähnliche Verknöcherungen der Fascien findet und letztere dadurch gleichfalls eine mehr starre Form erhalten, so eignen sich die Vögel ferner ganz vorzüglich zum Nachweis der spiraligen Drehung in Fascien. Als Beispiel nenne ich die Beinfascien des Truthahns.



Kapitel III.

Nervensystem.

(Vergleiche S. 58—61 des Drehungsgesetzes.)

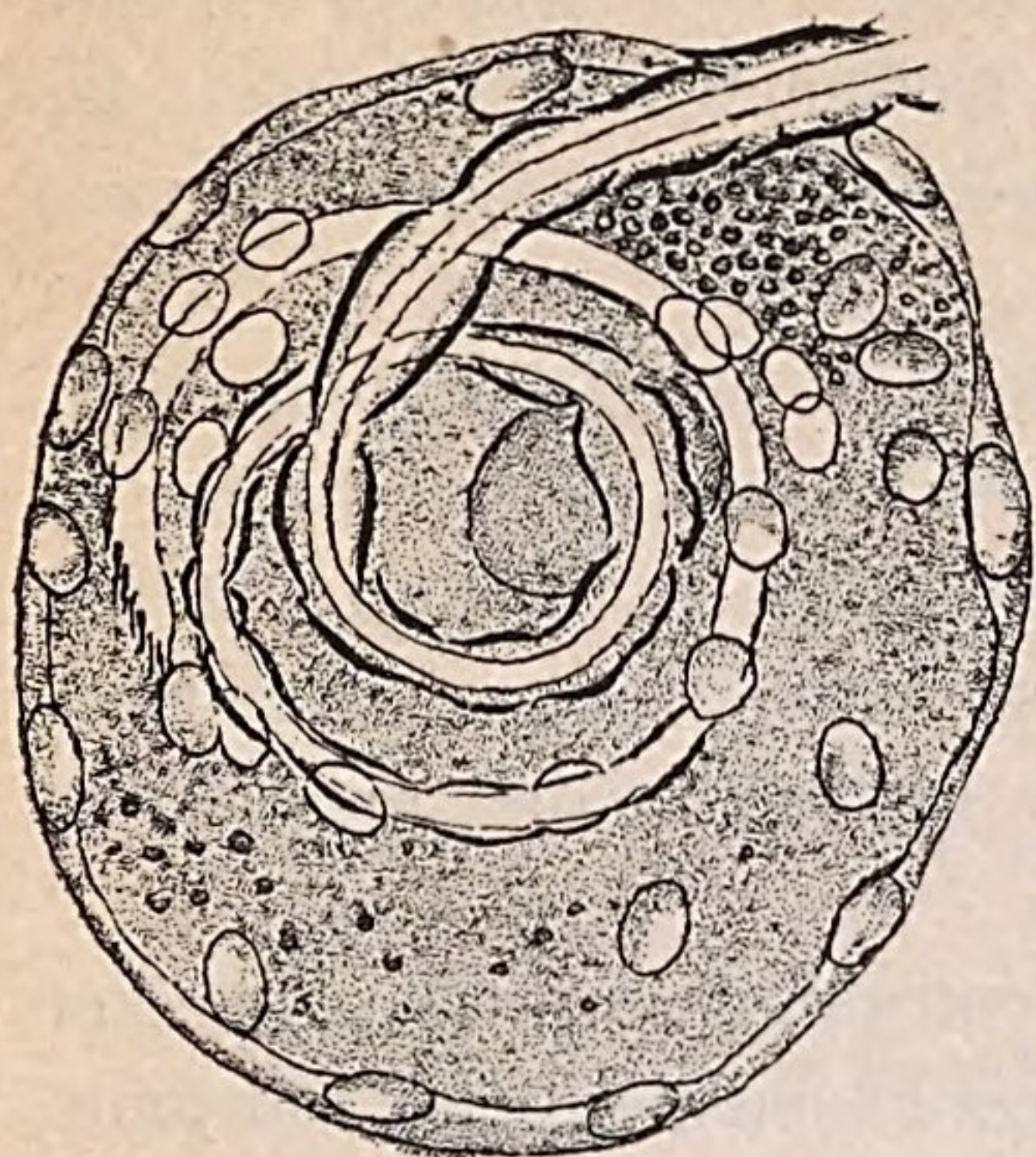
Bekanntlich verlaufen die Nervenstämme ihrer Faserung nach in langgezogenen Spiralen, d. h. sie drehen sich in ihrem Verlauf seilartig um ihre Axe. An grösseren Nervenstämmen der Glieder und des Rumpfes kann man dies ohne weiteres dadurch beweisen, dass man den Nerven an einem Ende spaltet und nun gewaltsam von oben bis unten in zwei Hälften durchreißt. Die Rissfläche erweist sich alsdann spiralig gewunden. Zweckmässigerweise wird man zur Demonstration dieses Verhältnisses den Nerven vorher kochen, damit das derbe Bindegewebe desselben gelockert wird. Auf diese Weise gelingt es mit Leichtigkeit die homodrome Drehung des Nervus radialis, ischiaticus, peroneus profundus und superficialis nachzuweisen; weniger ausgesprochen, obwohl hinlänglich deutlich ist die Drehung im Nervus medianus, ulnaris, cruralis, tibialis posticus u. a. Ich glaube jedoch, dass der Nachweis der homodromen Drehung an den genannten Stämmen genügt, um zu behaupten, dass die Nerven der Glieder im allgemeinen demselben Drehungsgesetz unterworfen sind, wie die Knochen und Muskeln.

Das eigentümliche Verhalten der Hals- und Rumpfnerven, sowie einiger Hirnnerven habe ich in dem Drehungsgesetz geschildert.

Dagegen möchte ich an dieser Stelle auf einige Thatsachen aufmerksam machen, welche geeignet sind, dem ersten Satze meines Drehungsgesetzes „Axendrehung ist eine Funktion der lebendigen Zelle“, für die Nerven wenigstens eine weitere Stütze verleihen. Zu diesem Zweck muss ich natürlich auf die elementaren Gebilde des Nervensystems, die Nervenzelle und die Nervenfaser zurückgreifen.

1) Nervenzelle. Die Axencylinderfortsätze, besonders diejenigen der spinalen Ganglien des Menschen und der meisten Wirbeltiere, kommen in mannigfachen spiraligen Windungen aus der Nervenzelle heraus, welche sie nach dem Austritt aus derselben, nach dem sie markhaltig geworden sind, noch fortsetzen, manchmal selbst bis zu ihrer Teilungsstelle. G. Retzius hat

Fig. 7.



Aus den cerebrospinalen Ganglien des Menschen. Nervenzelle und -Faser aus einem Spinalganglion. Spiralige Windungen der Faser; nach Retzius.

Fig. 8.



Nervenprimitivfibrillen von *Hyla viridis*, spiralig umeinandergewickelt; 800—900malige Vergrößerung nach Rouget.

dieses Verhältnis in mehreren Figuren der Tafel 19 seiner Arbeit abgebildet; beistehende Fig. 7 ist die erste auf der genannten Tafel. Da die spiraligen Windungen der Faser sich bis in das Protoplasma der Nervenzelle hinein verfolgen lassen, und da die Faser ein Produkt des Zellenprotoplasmas ist, so deutet die Erscheinung auf eine spiralige Thätigkeit im Protoplasma hin.

Fig. 9.



Degenerierter, in Spirale gewundener Axencylinder aus dem Plexus brachialis bei Lepra; nach Hoggan.

2) Nervenfasern. An den Nervenprimitivfibrillen sowohl als an den Fibrillenbündeln, den markhaltigen Primitivfasern, hat Rouget im Jahre 1875 die spiralige Entwicklung in der überzeugendsten Weise dargethan. Er unternahm seine Untersuchungen an dem durchscheinendsten Teile der Membrana natatoria der Larven von Triton und anuren Batrachiern und konnte den Nachweis führen, dass die dort zahlreich vorhandenen feinsten Primitivfibrillen, Axencylinder, welche von einer feinsten Schicht hyalinen Protoplasmas umgeben sind, sich vermehren, und zwar dass sie sich zunächst nach dem Modus der „Multiplication par scission“ verdoppeln, während das Protoplasma sich gleichzeitig vermehrt und auch eine feinste Scheide um dasselbe gebildet wird. Dabei kann man nun die Beobachtung machen (Rouget p. 811), dass die so entstandenen zwei Fibrillen stets in langgezogenen Spiralen umeinander gewunden sind, dass sie ferner nicht nur das Zentrum der blassen Nervenfasern einnehmen, sondern in ihren Spiralwindungen bald hier bald dort an die Nervenscheide anstossen. Damit jedoch nicht genug. (P. 816.) Die Primitivbündel, welche aus einer Anzahl spiralig umeinandergewickelter Fibrillen bestehen, gehen ihrerseits nun wieder Teilungen, Verdoppelungen ein, und auch die doppelten Bündel winden sich ihrerseits wieder in Spiralen umeinander gleichwie die Primitivfibrillen. In Figur 2—5 auf Tafel 32 bildet Rouget diese merkwürdige Erscheinungen ab. Endlich kommt zu diesem Prozess noch ein Vorgang hinzu, welcher

möglicherweise als eine Drehungserscheinung aufgefasst werden kann. Die feine Protoplasmahülle der Primitivfibrillen sammelt sich nämlich stellenweise zu elliptischen Kernen an; auch diese Kerne teilen sich und das Bemerkenswerteste dabei ist, dass die Teilungsebene nie quer zur Längsaxe der Ellipse, sondern stets schräge zu ihr steht.

Endlich mag auch die spiralige Beschaffenheit des Axencylinders bei krankhaften Zuständen ein Fingerzeig sein für dessen Gewundensein im normalen Zustande. Georges und Frances-Elizabeth Hoggan haben gefunden, dass bei der Lepra Veränderungen der Nervenfasern vorkommen, infolge deren der Axencylinder degeneriert; er legt sich dabei nicht selten in eine enggewundene Spirale. Fig. 9.

Die Zellen der Stützsubstanz des Zentralnervensystems besitzen ebenfalls spiralige Eigenschaften. Die faserigen Elemente dieser Substanz, welche sämtlich Fortsätze der Gliazellen sind und die einzelnen Zellen der Glia untereinander verbinden, legen sich nämlich im isolierten Zustande und abgerissen von den genannten Zellen in stark spiralige Windungen. Gierke hat erst neuerdings wieder hierauf aufmerksam gemacht.

Auch der Zirbeldrüse kommt spiraliges Wachstum zu. Leydig hat z. B. schon im Jahre 1853 nachgewiesen, dass diese Drüse bei Reptilien (*Salamandra maculata*) aus lauter spiralig gewundenen Schläuchen besteht.



Kapitel IV.

Verdauungs - O r g a n e.

(S. 62—64 des Drehungsgesetzes.)

Der Verdauungsschlauch ist in seiner Anlage ein medianes Gebilde, an dessen Bildung sich beide Körperhälften, die rechte mit ihrer links-spiraligen, die linke mit ihrer rechtsspiraligen Drehung beteiligen. Halten sich beide Drehungsrichtungen das Gleichgewicht, so mag die spiralige Beschaffenheit des Rohres wenig oder gar nicht in die Augen fallen; in der Regel erhält jedoch die eine von den beiden Drehungsrichtungen die Oberhand, so dass das ganze Rohr nunmehr in einem bestimmten Sinne spiralig gewunden ist. Dementsprechend wird auch die Funktion eine spiralige sein, so dass die durch das Verdauungsrohr gleitenden Speisen in ununterbrochenen Axendrehungen begriffen sind. Schon in der Speiseröhre wird sich diese Erscheinung darbieten.

Am Uebergang der Speiseröhre in den Magen finden wir bei den Einhufern, dem Schwein, Schuppentier u. a. eigentümliche Faltenbildungen, die man als halbmondförmige oder spiralige zu bezeichnen pflegt. Wenn gleich Leisering diese Cardialklappe beim Pferde für ein Kunstprodukt an dem postmortal aufgeblasenen Magen erklärt, so scheint die Ursache ihrer Bildung in einer spiraligen Beschaffenheit des betreffenden Teiles gesucht werden zu müssen.

Was den Magen der höheren Wirbeltiere anbelangt, so lässt sich meist nicht bestimmen, ob demselben eine bestimmte Entwicklungsdrehung zukommt; dagegen müssen die peristaltischen Bewegungen desselben spiralige sein. Den Beweis hierfür liefern die in dem Pansen der Wiederkäuer nicht grade selten vorkommenden zusammengeballten Haare. Betrachtet man solche Haarballen, welche meist ellipsoidische Gestalt besitzen, genauer, so wird man finden, dass die den Ballen zusammensetzenden Haare in ganz bestimmter Weise spiralig zusammengedreht sind, indem sie vom Aequator des Ballens aus nach dem einen Pole zu linksspiralig, nach dem andern Pole zu rechtsspiralig zusammengedreht sind; an den beiden Polen kommt es dabei zu je einem rechts- und linksgedrehten Haarwirbel, welcher an Schönheit mit dem Hinterhauptswirbel des Menschen wetteifert. Dem

Haarballen passiert somit in dem Pansen des Wiederkäuers dasselbe, was dem Hühnerei bei seinem Durchgang durch den Eileiter passiert; die Chalazae und das Eiweiss erhalten bekanntlich nach beiden Polen zu eine entgegengesetzt spiralige Drehung, indem die nach der Aussenmündung zu gelegene Hälfte des Eiweisses an der Eispitze die homodrome, die nachfolgende Hälfte die antidrome Drehung erhält. In gleicher Weise verhält es sich mit dem Haarballen in dem Pansen der Kuh.

Ein hierhergehöriges, höchst lehrreiches Präparat, No. 42, befindet sich in der Sammlung des Königl. Klinikum.

Würde man bei der Sektion eines Kuhpansens, in welchem ein solcher Haarballen gefunden wird, genau darauf achten, mit welchem Ende der Haarballen gegen die Speiseröhre gekehrt ist, so könnte man aus der Art der spiraligen Drehung der Haare an dem betreffenden Pole des Haarballens in situ sofort ablesen, ob der betreffende Pansen seine Peristaltik in rechtsspiraligem oder linksspiraligem Sinne vollbringt. Der blindsackförmige Pansen befördert seinen Inhalt in der Richtung von seinem blinden Ende zur Speiseröhre hin, indem er die Speisen zum Wiederkäuen in die Mundhöhle befördert. Der nach dem blinden Ende zu liegende Teil des Haarballens erhält somit die antidrome Drehung. Wie ich aus dem Lehrbuch der vergleichenden Anatomie von Nuhn ersehe, besitzt der Pansen der Wiederkäuer linksspiraligen Bau. Der linksspiralige Pol eines in demselben befindlichen Haarballens wird somit gegen die Speiseröhre zu gelegen sein.

Nach mehreren Sektionen von Tauben und Hühnern zu schliessen, welche ich vorgenommen, muss ich dem Magen dieser Tiere eine linksspiralige Peristaltik zuschreiben.

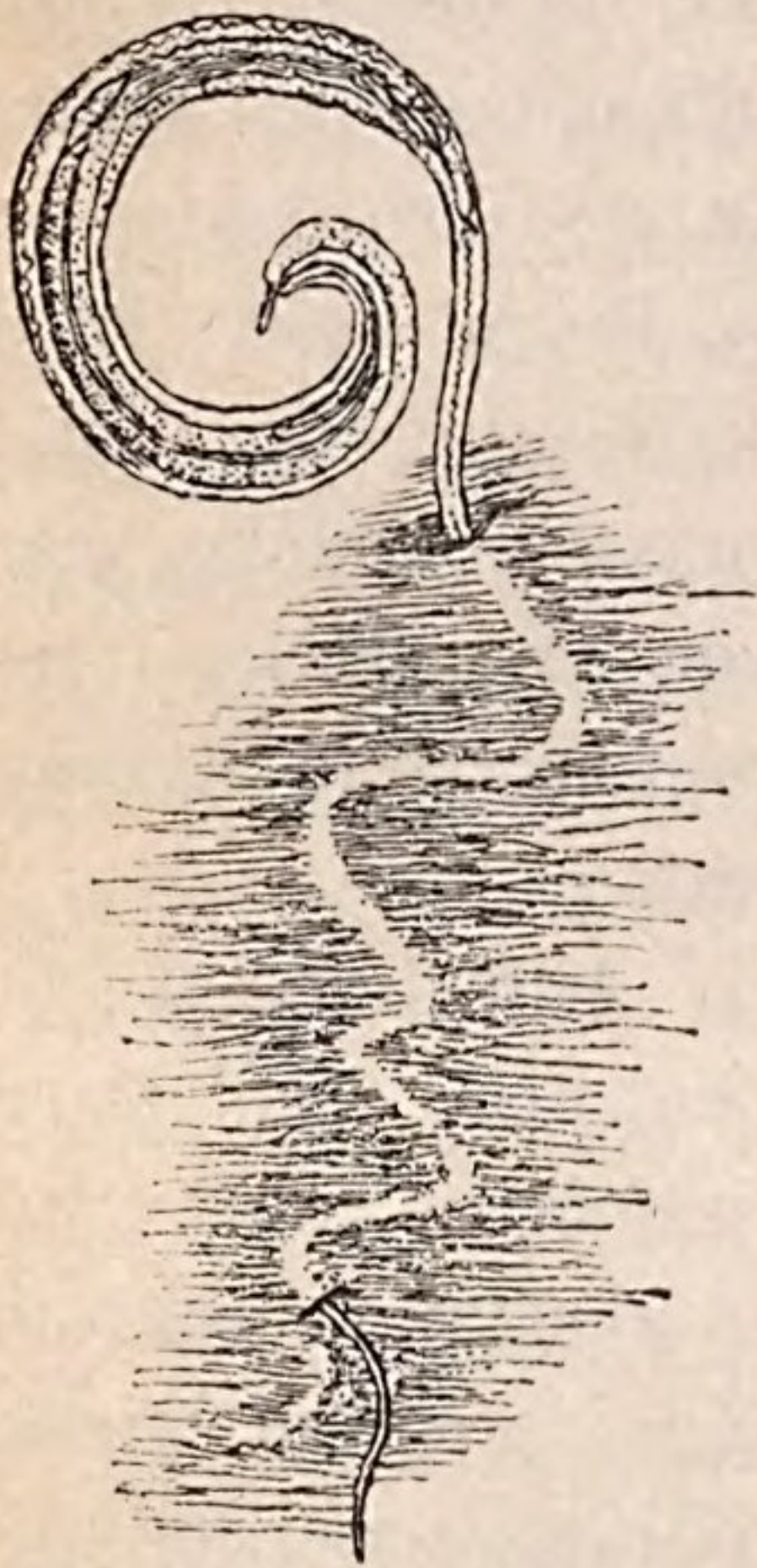
Der Magen und Dünndarm einiger Reptilien, z. B. Hippopotamus, besitzen in ihren verschiedenen Abteilungen eine grosse Anzahl von vorstehenden Schleimhautfalten mit exquisit spiraligem Charakter; ich konnte mich jedoch aus einer Arbeit in dem Journal de l'anatomie et de la physiologie vom August 1886, Tafel 15, nicht mit Sicherheit davon überzeugen, in welchem Sinne diese Spiralen gewunden sind. Dieselben Tiere pflegen beim Uebergang vom Magen zum Darm eine wirkliche Spiralklappe zu besitzen.

In dem Dünndarm der höheren Tiere lässt sich die Art der spiraligen Drehungsrichtung durch die anatomische Präparation nicht ohne weiteres nachweisen. Dagegen würde es mit grösster Leichtigkeit gelingen, den Nachweis zu führen, ob und in welchem Sinne die Funktion desselben thätig ist. Man brauchte zu diesem Zwecke nur die von Hesse angestellten Versuche zu machen, welcher seinen Versuchstieren, Hunden, eine Magenfistel anlegte, einen Kautschukballen mit Schlauch daran hineinführte und nun beobachtete, wie der Kautschukballen durch das Darmrohr weiterarbeitet. Etwaige Axendrehungen und selbst die Zahl der spiraligen Umläufe könnte man in dem nachfolgenden Schlauch ablesen. Der Dickdarm

des Menschen pflegt in einem grossen Bogen von rechts unten nach rechts oben, dann nach links oben und links unten über die anderen Gedärme hinwegzuziehen. Bezeichnet man das Coecum als das proximale, das Rectum als das distale Ende dieses in grosser Spiraltour liegenden Darmabschnittes, so dürfte man ihm die Bezeichnung „links gewunden“ zuerkennen.

Die spiraligen Eigenschaften resp. das spiralige Wachstum der Darmhäute ist in dem Drehungsgesetz geschildert. Wie mir scheint, kann man die Art und Weise wie gewisse Parasiten sich in die Schleimhaut einbohren, für ein Zeichen des spiraligen Baues der Schleimhaut ansehen; denn die Parasiten (*Trichocephalus dispar*) werden auf dem Wege des geringsten Widerstandes, d. h. möglichst mit der Faserrichtung in die Tiefe dringen. Vielleicht spielt auch die spiralige Funktion des Wurmes, oder beides zusammen, eine Rolle dabei; siehe Figur 10.

Fig. 10.



Trichocephalus dispar
in spiraligen Gängen in die
Schleimhaut eingebohrt,
nach Leuckart.

Der Dickdarm der Wiederkäuer und des Schweines pflegt in ganz bestimmtem Sinne in spiralige Windungen gelegt zu sein, welche im Gekröse befestigt sind. Soviel ich bisher ermitteln konnte, sind diese Darmspiralen stets rechts gewundene; dabei ist jedoch wohl zu merken, dass das Darmrohr nicht einfach, sondern in einer Doppelschlinge in die Spirale hineingeht. Daraus scheint mir geschlossen werden zu dürfen, dass dem Darmrohr in seiner entwicklungsgeschichtlichen Anlage eine linksspiralige Windung zuerkannt werden muss. Es findet hier ein allgemein bekannter Satz der Mechanik Anwendung, welcher lautet: „Wenn man die Enden eines in linksspiraligem Sinne gedrehten Schlauches einander nähert, so dass der Schlauch sich schlingenartig zusammenlegen kann, so winden sich die Schenkel der entstehenden Doppelschlinge in entgegengesetztem Sinne umeinander.“ Die Ursache hierfür ist in dem spiraligen Spannungsausgleich zu suchen. Durch die linksspiralige Windung entsteht nämlich in dem Schlauche eine linksspiralig elastische Spannung, welche sich auf jede mögliche Weise wieder auszugleichen sucht. Lässt man z. B. das eine Ende des linksspiraligen Schlauches los, so dreht er sich sofort in rechtsspiraligem Sinne zurück, ja er nimmt sogar, im Gleichgewichtszustande angelangt, infolge des Beharrungsvermögens eine rechtsspiralige Drehung an und setzt seine Drehungen hin und her pendelartig fort, bis er wieder zur Ruhe kommt. Wird dem linksspiraligen Schlauche der Spannungsausgleich dadurch gewährt, dass man seine Enden einander näher bringt, so legen sich die beiden Schenkel des Schlauches in Rechtsspirale umeinander, um so den Spannungsausgleich zu bewirken.

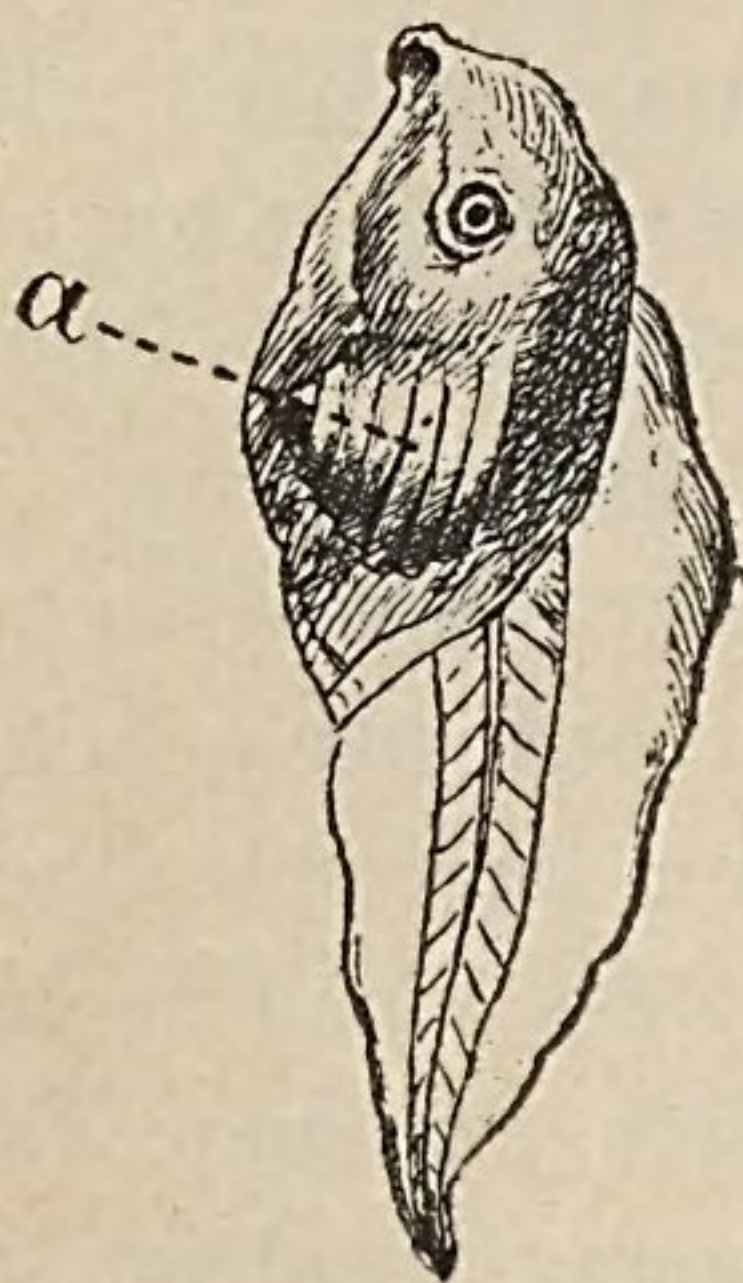
Dasselbe finden wir bei dem Dickdarm der Wiederkäuer und des Schweines. Die Rechtsspirale der Doppelschlinge ist als der Spannungsausgleich des in der Anlage linksspiraligen Darmrohrs aufzufassen.

Dass der Darm der Fische, der Haifische, in seiner ganzen Länge von einer Spiralklappe durchzogen ist, ist allgemein bekannt; ich habe jedoch in keinem Lehrbuch Angaben darüber gefunden, ob diese Spirale rechts- oder linksgewunden ist. Die Spiralklappe pflegt auch in dem Dickdarm derjenigen Fische (Stör), bei welchen der Dünn- und Dickdarm von einander scharf abgesetzt sind, nicht zu fehlen.

Der Processus vermiformis von *Lepus* und derjenige einiger Vögel (Strauss) besitzt ebenfalls eine Spiralklappe. Die Strausse haben nun, wie die meisten Vögel, einen paarigen solchen Blinddarm, einen rechten und einen linken. In beiden sind die Spiralwindungen einander entgegengesetzt, die Lehrbücher geben jedoch keinen Aufschluss darüber, ob die im rechten Blinddarm befindliche Spiralklappe linksgewunden, diejenige im linken Blinddarm rechtsgewunden ist. Die langen Blinddärme des Truthahns besitzen entgegengesetzt spiralige Windung ihrer äussern Form nach; bläst man sie mit Luft auf, so krümmt sich der rechte linksspiralig, der linke, wenn auch undeutlicher, rechtsspiralig. Breiige Kothmassen, welche man aus den Blinddärmen herausdrückt, pflegen auf ihrer Oberfläche eine spiralige Streifung zu erhalten, welche auf die homodrom spiralige Stellung der Falten auf der Blinddarmschleimhaut schliessen lässt.

Bei den niederen Wirbeltieren sind spiralige Aufrollungen des Darmes etwas ganz gewöhnliches. So beschreibt v. Jehring den Darm des von ihm untersuchten kleinen Knochenfischchens, indem er sagt: „Der Darm, welcher sich nicht scharf gegen den Magen absetzt, beschreibt zuerst eine nach hinten gekehrte Kurve, läuft dann nach vorn und windet sich nach einer nochmaligen Biegung zwei- bis dreimal mehr oder minder deutlich spiralig auf. Leider sagt v. Jehring nicht, wie herum diese Darmspirale gewunden ist.

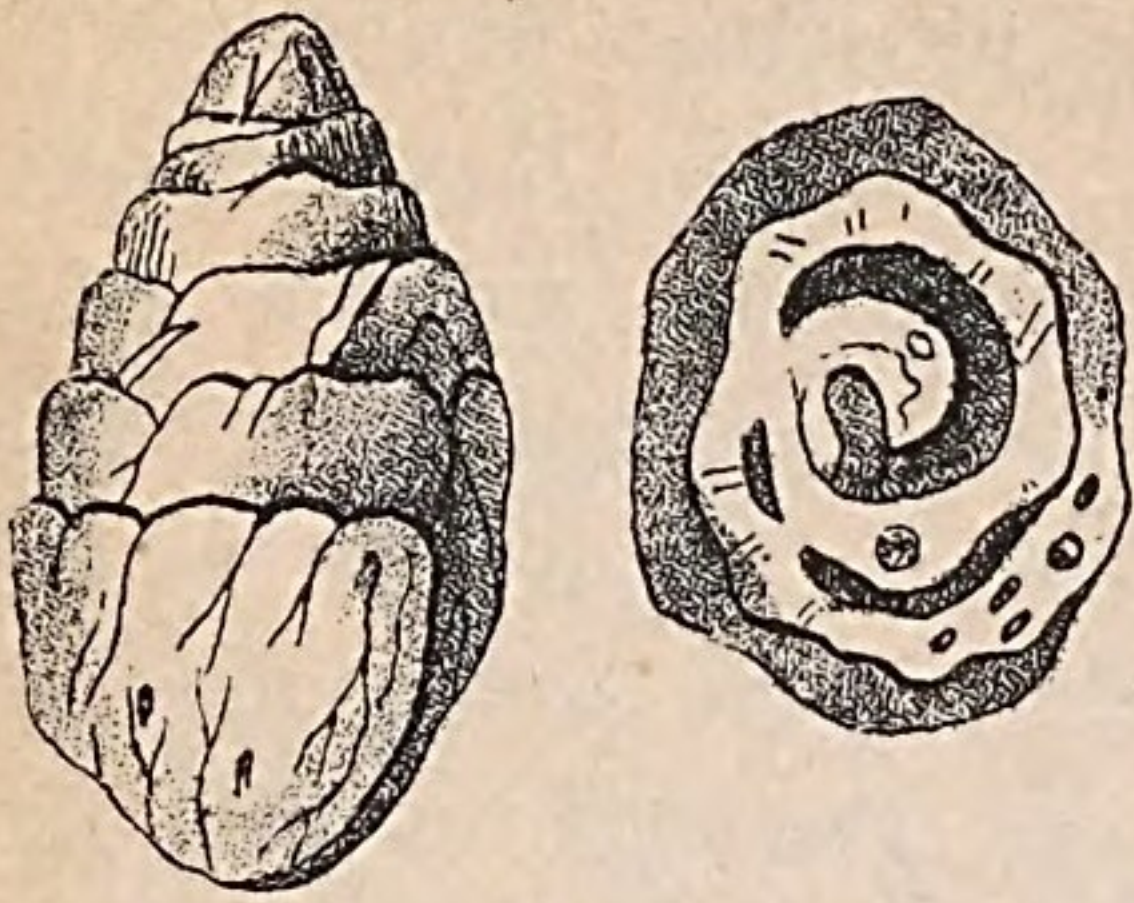
Der Darm der Froschlarven, Fig. 11, pflegt regelmässig in ganz bestimmtem Sinne spiralig eingerollt zu sein, so dass es fast den Anschein gewinnt, als ob die spiralige Beschaffenheit der einzelnen Teile des Darmrohrs um so mehr in die Augen fällt, je tiefer wir in der Wirbeltierklasse hinabsteigen.



Der spiralig aufgerollte Darm einer Froschlarve.

Die ausserordentlich stark spiralig gewundenen fossilen Koprolithen, s. Fig. 12, welche man bekanntlich im Lias und in der Kreideformation vielfach vorfindet, legen Zeugnis dafür ab, dass die peristaltische Funktion des Darmes, mancher Fische und Saurier im grauen Altertum eine exquisit spiralige war. Genauere Untersuchungen solcher Koprolithen dürften in Bezug auf die Drehungsrichtung ähnliche Ergebnisse liefern wie diejenige der Haarballen im Pansen der Kuh.

Fig. 12.



Fossiler, spiralig eingerollter
Koprolith; die Figur rechts zeigt
ihn im Querschnitt.

Der Darm niederer Tiere.

Bei den wirbellosen Tieren ist die spiralige Beschaffenheit des Darmrohres und seiner Abschnitte manchmal noch viel deutlicher ausgeprägt, als bei den Wirbeltieren. Um Beispiele anzuführen, erinnere ich an den spiralig gewundenen Darm der Würmer, *Lycoris nuntia*, *Sipunculus* u. a. Der Darm von *Sipunculus nudus* liegt in einer Doppelschlinge, deren Schenkel in Linksspirale umeinander gewunden sind, fast durch den ganzen Körper des langgestreckten Tieres hin. Aus diesem Befunde schliesse ich, dass der Darm an sich rechtsspiralig angelegt ist, indem die Linksspirale der Doppelschlinge nur als Spannungsausgleich anzusehen ist. Es wäre gewiss interessant, zu untersuchen, ob die Embryonen oder Larven von *Sipunculus* ebenfalls in Rechtsspirale gewunden sind, wir hätten dann hier eine Tierfamilie vor uns, deren linke Körperhälfte wie bei den Schlangen und Eidechsen die Oberhand hat. Viele Würmer besitzen ferner seitliche Ausstülpungen des Darmrohres, welche bilateral symmetrisch angeordnet zu sein pflegen und alsdann die homodrome Wachstumsrichtung nicht selten mit voller Klarheit zeigen. So sind die blindsackförmigen Anhänge des Magens beim Blutegel alle in homodromem Sinne gewunden; das gleiche Verhältnis dürfte sich bei den entsprechenden Darmanhängen anderer Würmer, *Aphrodite aculeata*, *Clepsine*, *Nemertis*) nachweisen lassen, und zwar um so deutlicher, je länger die Anhänge sind.

Bei manchen Arthropoden (z. B. Spinnen) besitzt der Magen ähnliche bilateral symmetrische blindsackförmige Anhänge wie bei den Würmern. Die Kreuzspinne hat deren z. B. auf jeder Seite 5, sie haben alle die homodrome Windung. Gehen diese Blinddärme, wie es z. B. bei *Pycnogoniden* der Fall ist, am vordern Körperende bis in die homodrom gedrehten Taster und Kiefer hinein und seitlich bis in das untere Ende der homodrom gedrehten Beine, deren jederseits 4 vorhanden sind, so ist ihre homodrome Windung von vorn herein selbstverständlich und kein Zweifel an derselben zulässig.

Vom Mitteldarm der Krustaceen pflegt jederseits je ein langer fadenförmiger Schlauch auszugehen; es ist ein blindsackförmiger Anhang des Darmes, der nebenbeibemerkt mit der schlauchförmigen gewundenen Leber nichts zu thun hat. Er nimmt gewöhnlich die Richtung nach dem vordern Körperende zu ein und rollt sich an oder vor dem Magen seitlich in eine schöne Spirale auf. Beim Krebs ist diese Spirale schneckenhausförmig. Frenzel hat das Gebilde für *Dromia* und *Pachygrapsus* beschrieben und ferner den Enddarm der Krustaceen genauer untersucht. Letzterer besitzt mehrere, bei *Astacus* 6, gleichgrosse und gleichgestaltige Längswülste, welche den ganzen Enddarm von vorn bis hinten mit einer schwachen spiraligen Drehung bekleiden.

Auch bei den Mollusken finden wir Andeutungen an die spiralige Beschaffenheit des Darmrohres. Schon zu Anfang desselben finden wir bei den Patelliden eine spiralig aufgerollte Zunge. Bei den Cephalopoden setzt sich der Magen in einen dünnhäutigen Schlauch fort, welcher einen spiralig gewundenen blindsackförmigen Anhang, den sogenannten zweiten oder Spiralmagen, besitzt. Wie letzterer gewunden ist, konnte ich in den Lehrbüchern nicht ermitteln. Auch hatte ich bisher keine Gelegenheit zu erforschen, ob sich die rechtsspiralige Windung des Darmrohres und der Leber der Schnecken, welche in der gleichen Windung des Schneckenhauses dieser Tiere wiedergegeben ist, in analoger Weise erklärt werden muss, wie ich dies auf S. 33 für den Dickdarm der Wiederkäuer gethan habe. Vermutlich besitzt auch bei den Schnecken der Darm in seiner Anlage linksspiralige Beschaffenheit, so dass beim schlingenförmigen Zusammenlegen desselben der rechtsspiralige Spannungsausgleich zustande kommt. Betrachtet man das rechtsspiralige Gehäuse unserer gewöhnlichen Schnecken und der meisten Gasteropoden genauer, so findet man, dass dasselbe mit ganz feinen linksspiraligen Linien gezeichnet ist, welche möglicherweise der Ausdruck der ursprünglich linksspiraligen Anlage des Inhaltes, Darm und Leber, sind. Bei manchen Gasteropoden, z. B. den Abranchiaten und Gymnbranchiaten, finden wir in ähnlicher Weise wie bei den Würmern und Arthropoden blindsackförmige, bilateral symmetrische Magen- oder Darmanhänge; es dürfte ein leichtes sein, die spiralige Drehungsrichtung derselben nachzuweisen.

Echinodermen. Hier finden wir bei den Asterien spiralige Anlage. Bei ihnen gehen nämlich von dem sackartigen Magen blinddarmförmige Anhänge in die einzelnen Körperstrahlen hinein, wo sie noch seitliche, drüsenähnlich leicht gewundene, paarige Fortsätze aussenden. — Der Darm der Seeigel pflegt in bestimmtem Sinne spiralig gewunden zu sein. Erst in neuester Zeit hat Hubert Ludwig hierüber eine Abhandlung geschrieben. Auf S. 322 derselben sagt er: „Oben habe ich bereits hervorgehoben, dass bei den Crinoiden, bei den pentacrinoiden sowohl, als auch bei den erwachsenen Tieren, die Richtung der Darmwindung immer die gleiche ist. Dieser Satz lässt sich auf alle Echinodermen, bei denen überhaupt im erwachsenen Tiere eine Windung des Darmrohrs vorhanden ist, ausdehnen und gewinnt dadurch eine allgemeine Bedeutung. Stets und immer verläuft der Darmtraktus der Echinodermen so, dass er sich, wenn man das Tier von der Mundseite betrachtet, wie der Zeiger einer Uhr, also von links nach rechts bewegt.“ — S. 323 heisst es, dass bereits Joh. Müller dieselbe Windungsrichtung an dem noch mit der Larve verbundenen Seesterne der *Bipennaria asterigera* gemacht hat. Aus obiger Beschreibung von Ludwig scheint mir hervorzugehen, dass der Darm der Echinodermen rechtsspiralig gewunden ist. Ich habe mich nun in dem zoologischen Institut zu Berlin durch den Augenschein von dem Verlauf des Darmrohrs des Seeigels überzeugt und habe gefunden, dass man an

demselben eine vordere Hälfte mit rechtsspiraliger und eine hintere mit linksspiraliger Windung unterscheiden muss. Der Darm macht etwa in seiner Mitte eine scharfwinklige Knickung, an welcher die Spirale umsetzt.

Coelenteraten. Young spricht in einer kurzen Abhandlung vom Jahre 1880 von Formeln, die man aufgestellt habe, um die Konstruktion und die Erklärung für den Aufbau von Coelenteraten zu erhalten. Unter anderen erwähnt er die von Huxley aufgestellte Formel und sagt von ihr, sie scheine ihm der Ausdruck der spiraligen Entwicklung zu sein. Man könne sich hiervon auch überzeugen, wenn man z. B. die Entwicklung der Tentakeln von Hydra verfolge. Es braucht wohl kaum hinzugefügt zu werden, dass, wenn die spiralige Entwicklung des ganzen Tieres erwiesen wird, auch die Verdauungshöhle desselben den spiraligen Typus besitzen wird. Die spiralige Beschaffenheit der Mesenterialfilamente, welche die Funktion von Drüsen besitzen und ein die Verdauung beförderndes Sekret liefern, ist in hohem Grade auffallend.

Protozoen. Viele Infusorien lassen die spiraligen Bewegungen ihres (verdauenden) Endoplasma daran erkennen, dass die von der Mundöffnung aus in das Endoplasma aufgenommenen Nahrungsstoffe unter dem Einfluss der Kontraktilität in beständige spiralige Axendrehungen versetzt werden, bis ihre Ueberreste durch den After nach aussen gelangen.

Was nun die spiralige Beschaffenheit der vielfachen drüsigen Organe des Darmrohrs anbelangt, so habe ich manches hierüber auf S. 63 u. f. des Drehungsgesetzes erwähnt. Die spiralige Beschaffenheit der Speicheldrüse des Specht ist auf S. 8 dieses Beitrages erwähnt. In der Sammlung des Königl. Klinikum, No. 39, fand ich einen Speichelstein aus dem Ductus Whartonianus; derselbe ist länglich ellipsoidisch geformt und zeigt auf seiner Oberfläche spiralige Streifung, welche nach den Polen zu sogar wirbelförmig auszulaufen scheint. Ich glaube nicht zu irren, wenn ich diese Spuren spiraliger Windung auf Axendrehungen zurückführe, welche dieser Stein in dem Ausführungsgang der Drüse erfahren hat. Ist diese Ansicht richtig, so ist die spiralige Funktion des Ausführungsganges erwiesen und die Bildung der Spiralzeichnung des Steines erklärt sich auf dieselbe Weise wie die oben beschriebene Spiraldrehung des Haarballens im Pansen der Kuh.

Bezüglich der Leber füge ich dem bereits Gesagten hinzu, dass man auch bei höhern Wirbeltieren zuweilen imstande ist, die spiralige Beschaffenheit derselben sofort zu erkennen. So fand ich in der anatomischen Sammlung die in fünf Lappen zerfallende Leber von *Phoca vitulina* vor, von denen die zwei nach links gelegenen Lappen rechtsspiralig, die drei nach rechts gelegenen linksspiralig gedreht sind; von den letzteren besitzt der zumeist nach links gelegene mittlere Lappen ein kleines Nebenläppchen, welches ebenfalls linksspiralig gewunden ist.

Bei Fischen, welche zwei getrennte Lebern besitzen, pflegt die rechte Leber die grössere zu sein, sie legt sich langhingezogen in Linksspirale an den Verdauungsschlauch an, während die kleinere linke Leber in Rechtsspirale liegt.

Die mit dem Darm der Arthropoden in Verbindung stehenden Speicheldrüsen, Spinndrüsen, Malpighi'schen Gefässe, ferner die Excretionsorgane der Chätopoden und das Wassergefässsystem mancher Würmer u. s. w., sind alle in hohem Grade spiralig gewunden. Da die Excretionsorgane bei Würmern metamer und bilateral symmetrisch als Segmentalorgane vorhanden sind, und meist in der Leibeshöhle mittels eines spiraligen Wimpertrichters beginnen, so wäre es ein leichtes zu kontrollieren, ob die spiralige Anlage derselben eine homodrome oder antidrome ist.



Kapitel V.

R e s p i r a t i o n s - O r g a n e.

(Siehe S. 65—67 des Drehungsgesetzes.)

1) Luftatmung.

Die homodrome Drehung beider Hälften des Kehldeckels lässt sich besonders schön beim Reh nachweisen, wo dieselben getrennt sind. Ferner scheint mir aus den Zeichnungen der Lehrbücher hervorzugehen, dass sowohl der Kehldeckel als der Giessbeckenknorpel der Cetaceen, z. B. von *Delphinus phocaena*, welche rüsselartig in die Länge gezogen sind, beide in ihren Hälften die homodrome Drehung besitzen. Dasselbe dürfte bei dem langgezogenen Giessbeckenknorpel im obern Kehlkopf der Vögel der Fall sein.

An den grossen Luftsäcken der Brüllaffen gelang es mir bisher nicht die spiralige Drehung nachzuweisen.

Die Luftröhre mancher Säugetiere und Vögel beschreibt spiralige Windungen, bevor sie sich in ihre beiden Äste teilt. Liegen diese Biegungen in der Sagittalebene des Körpers wie beim Faultier, *Bradypus tridactylus*, so findet der Uebergang in die beiden Bronchen in prachtvol homodromer Spirale statt. Eine ähnliche homodrome Windung beschreiben die Bronchen der Vögel beim Abgang von der Luftröhre am *Larynx bronchialis*. Die langgezogenen *Cartilagines laryngo-tracheales* der *Perennibranchiaten*, welche dem Kehlkopf und der Luftröhre dieser Amphibien zugrunde liegen und nach oben zu den Giessbeckenknorpelfortsätzen anschwellen, haben homodrome Windung.

Ueber die Spiralwindungen der Tracheen bei den Arthropoden vergleiche man das Drehungsgesetz. Die eigentümlichen Bildungen der Tracheen, welche man bei den Spinnen und Skorpionen findet, und welche den Uebergang zu eigentlichen Lungen zu bilden scheinen, besitzen deutliche homodrome Drehung.

2) Wasseratmung.

Der Kiemenapparat der Fische ist in die Körperhöhle hineinverlegt, er bildet eine Einstülpung nach innen dar und besitzt deshalb auf der rechten Körperhälfte rechtsspiralige, auf der linken linksspiralige Wachstumsdrehung.

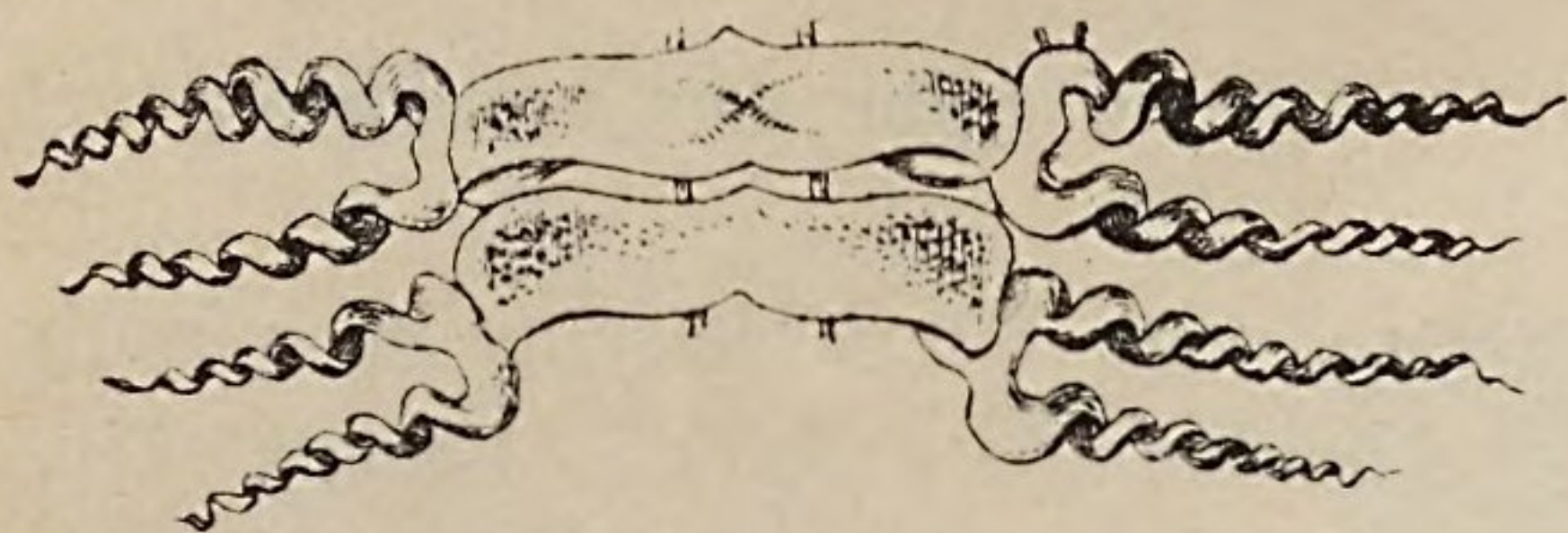
Diese lässt sich an den Kiemenknochen nicht nur, sondern auch an den denselben aufsitzenden Kiemen deutlich erkennen. Folgerichtig wird demnach auch den sogenannten Copulae, an welchen die Kiemenknochen in der Mitte zusammenstossen, die antidrome Drehung zukommen, und nicht nur diesen, sondern auch dem Os entoglossum und der ganzen Fischzunge. Es ist jedoch zu bemerken, dass bei dem Zusammenstoss der Teile von rechts und links her die Wachstumsdrehung sich auf eine Strecke weit umkehren kann, wie dies auch an den Dornfortsätzen der Wirbel u. s. w. der Fall ist. Die Rami branchiostegi fand ich rechterseits rechtsspiralig u. s. w. gedreht.

Bei denjenigen Wirbeltieren, welche zeitweilig oder beständig äussere Kiemen tragen, besitzen diese die homodrome Drehung. Ein schönes Beispiel bietet der Furchenmolch, *Necturus lateralis*, dar, dessen Kiemen gewunden sind wie die Flügel der Vögel und die Glieder der Wirbeltiere und der Wirbellosen.

Die Tunikaten besitzen nach der Pharyngealwand sich öffnende Kiemengänge, welche nicht selten spiralig gewunden sind.

Die Kiemen der Krustaceen, welche zwar in der Regel in den Körper hineinverlegt, jedoch nicht als eigentliche Einstülpungen nach innen anzusehen sind, indem die Seitenränder des Rückenschildes sich gewölbartig

Fig. 13.



Branchiae of *Cyamus Scammoni* Dall, attached to the thoracic segments; nach Walcott.

über die Kiemen hinlegen, fand ich sämtlich homodrom gedreht.

In Fig. 13 habe ich ferner eine Krustacee, die sogenannte Wallfischlaus, abgebildet, deren Kiemen frei nach aussen ragen. Man erkennt auf den ersten Blick die prachtvoll homodrome Windung.

Fig. 14.



Borste mit rechtsgewundener Spiralleiste v. *Sthenelais*; nach Malmgren und Claparède.

Bei den kiementragenden Würmern und den Mollusken, glaube ich, muss man überall die entsprechende richtige Windung der paarigen Kiemen annehmen. Manche Borstenwürmer, wie z. B. die Serpuliden, besitzen jederseits neben der Mundöffnung je eine Gruppe von büschelförmig gestellten Fühlern, welche neben der Tastfunktion auch Kiemenfunktion haben; die Basis dieser Büschel zieht sich in eine Spiralleiste aus, die Büschel selbst sind prachtvoll homodrom gewunden, wie mir dies im zoologischen Institut zu Berlin von Herrn Dr. Heider bei *Spirographis Spallanzanii* gezeigt wurde. Die bilateral symmetrischen Borsten, Fussstummel und Kiemen der Chätopoden scheinen überhaupt sämtlich homodrom angelegt zu sein. Fig. 14 stellt eine Borste eines Chätopoden mit rechtsspiraliger Leiste auf ihrer Oberfläche dar; ich möchte behaupten, dass sie von der linken Körperseite des be-

treffenden Tieres herrührt. An den Larven der Chätopoden kann man die homodrome Drehung ihrer Fortsätze manchmal mit überraschender Leichtigkeit erkennen.

Die paarigen Kiemen der Brachiopoden besitzen homodrome Drehung, wie ich sie im Drehungsgesetz auf S. 66 in Fig. 23 abgebildet habe. Neuerdings konnte ich mich von der homodromen Drehung der Kiemen von *Terebratella coreanica* auf das deutlichste überzeugen.

Gehen wir in der Tierreihe abwärts zu den Echinodermen über, so finden wir an Stelle der Kiemen ein Wassergefässsystem ausgebildet, welches neben der Funktion der Lokomotion diejenige der Atmung besitzt. Das Wassergefässsystem pflegt aus einer grossen Zahl baumartig verästelter Schläuche zu bestehen, welche in den mannigfaltigsten spiraligen Windungen gekrümmt sind. Höchst lehrreich ist in dieser Beziehung das Wassersystem in den Strahlen der Seesterne. In einem solchen Strahle pflegen wir die bilaterale Symmetrie vorzufinden, so dass wir ihn durch einen von der Rücken- zur Bauchfläche sagittal gelegten Schnitt in zwei spiegelbildartige Hälften zerlegen können. Die zahlreichen Ambulakralfüsschen jeder der beiden Hälften pflegen sowohl im ausgestreckten als im zurückgezogenen Zustande ein und dieselbe spiralige Windung zu besitzen. Liegt der Seestern auf dem Bauche, so dass man ihn vom Rücken her betrachtet, und zieht man den Sagittalschnitt vom Ringkanale aus zum äussersten Ende des Strahles hin, so ist in der rechtsgelegenen Hälfte linksspiralige Drehung vorhanden. Herr Dr. Heider hatte die Güte, mir anatomisch präparierte Schüppchen eines solchen Seesternes (Schlangensterne) zu zeigen, welche durch Syndesmose gelenkig untereinander verbunden sind; die Schüppchen der rechten Seite waren sämtlich linksspiralig, diejenigen der linken Seite rechtsspiralig gewunden.



Kapitel VI.

Harn- und Geschlechts-Organ e.

(S. 67—72 des Drehungsgesetzes.)

I. Harnorgane.

In der Sammlung der Tierarzneischule befinden sich eine Anzahl von grossen Nierensteinen, namentlich solche vom Pferde; manche derselben haben eine spiralige Form. In meinem Vortrage in der Berl. med. Ges. vom 26. Januar habe ich 4 solcher Steine vorgezeigt. Der spiralige Charakter derselben kommt begreiflicherweise dann am deutlichsten zum Ausdruck, wenn der Stein recht lang ist oder lange Fortsätze hat. Von der spiraligen Beschaffenheit dieser Steine scheint mir ein Rückschluss auf spiralige Eigenschaften des Behälters (Nierenbeckens) gerechtfertigt zu sein, in welchem sie sich entwickelt haben; möglicherweise kommt hier eine Art von spiraliger Peristaltik oder spiralige Strömung der an den Steinen vorbeifliessenden Flüssigkeit in Frage.

Harnblasensteine, welche die Harnblase ganz oder teilweise füllen, erhalten zuweilen fortsatzartige Verlängerungen in die Ureteren hinein. Erreichen diese Fortsätze eine beträchtliche Länge, so wird sich in ihnen die homodrome Windung des Ureters wiederfinden, so dass man imstande ist, aus der spiraligen Windung des Fortsatzes sofort zu erkennen, ob der Fortsatz dem rechten oder linken Ureter angehörte.

In dem Atlas von Ahlfeld befinden sich zwei Abbildungen, welche doppelte Ureteren betreffen; letztere verlaufen jederseits getrennt von der Niere zur Blase hin, und bei genauerem Zusehen bemerkt man, dass sie eine langezogene homodrome Spiralstellung zu einander einnehmen. Offenbar haben wir es hier wiederum mit einer Erscheinung des spiraligen Wachstums zu thun.

Den spiraligen Verlauf der Blasenmuskulatur hat Pettigrew beschrieben; er gibt in seiner Arbeit auch eine Erklärung für die spiralige Beschaffenheit des Urinstrahls. Leider konnte ich mir den Inhalt seiner Arbeit nur in einem Referat in Schmidt's Jahrbüchern Bd. 134 S. 155 zugänglich machen, so dass ich nicht imstande bin, mir volle Klarheit über die Beweisführung Pettigrew's zu machen.

Was die Nebennieren anbelangt, so ist deren Anlage zweifellos ebenfalls eine spiralige, indem dieselben sich aus einer unzähligen Menge gewundener Schläuche entwickeln, wie dies Leydig für die Nebennieren der Amphibien und Reptilien schon im Jahre 1853 nachgewiesen hat.

Die spiralige Beschaffenheit sowohl der harnabsondernden als der harnleitenden Organe wird man bei vielen niederen Wirbeltieren deutlicher nachweisen können, als beim Menschen und den Säugetieren. Die langgezogenen Nieren vieler Amphibien und Fische dürften in dieser Beziehung an Klarheit nichts zu wünschen übrig lassen. Die Vesica duplex und bicornis werden uns ferner in den Stand setzen, die Art der Wachstumsdrehung genauer zu erforschen, als dies an der Blase der höheren Tiere möglich ist. Als weiteren Grund für die Richtigkeit der Annahme homodromen Wachstums der Harn- und Geschlechtswege verweise ich auf die Ureteren und Vasa deferentia der Monotremen, welche in langgezogener homodromer Spirale zu einander liegen.

Von der spiraligen Beschaffenheit der Segmentalorgane der Würmer war in dem IV. Kapitel schon die Rede.

2. Männliche Geschlechtsorgane.

Die Anlage der männlichen Geschlechtsdrüsen in der Bauchhöhle des menschlichen Embryo verhält sich zu ihrem Ausführungsorgane, dem Vas deferens, so, dass letzteres an der Innenseite d. h. medianwärts von ersterem liegt. Nachdem sich der Descensus testiculi vollzogen hat, finden wir den Ausführungsgang, Nebenhoden und Vas deferens nicht mehr innen, sondern hinten und vielleicht ein klein wenig nach innen zu. Es hat demgemäss während des Descensus eine spiralige Drehung beider Teile um einander stattgefunden, welche in homodromer Richtung einem Winkel von etwa 90° gleichkommt. Untersucht man ferner die Stellung des Nebenhodens zum Hoden beim Menschen, so wird man finden, dass der Nebenhoden in seiner Längsrichtung etwas schräge zur Längsrichtung des Hodens steht; um mich anders auszudrücken, der Nebenhoden liegt nicht in einem grössten Meridian des Hodenellipsoids, sondern bildet mit diesem Meridian einen kleinen Winkel. Der Kopf des Nebenhodens weicht nämlich ein wenig nach innen ab, wenn man den Hoden in situ betrachtet. Aus diesem Lagenverhältnis geht nun wiederum eine homodrome Axendrehung beider Teile zu einander hervor, freilich mit kleinem Winkelbetrage. Bei den Vögeln, deren Hoden zeit lebens in der Bauchhöhle an der Stelle ihres Ursprungs liegen bleiben, kann man dieselbe Homodrome des Hodens zu seinem Ausführungsgang mit grosser Deutlichkeit demonstrieren, zumal wenn man ein grösseres Tier, Welschhuhn, untersucht. Hängt man ferner die Hoden eines Vogels in senkrechter Lage ihrer Längsaxe auf und lässt sie an der Luft austrocknen, so legt sich die Hodenkapsel des rechten Hodens in linksspiralige Falten und Runzeln, diejenige des linken Hodens in rechtsspiralige.

Aus der beschriebenen Axendrehung während des Descensus testiculi folgt mit Notwendigkeit eine Axendrehung des ganzen Samenstranges in homodromem Sinne. Ich weiss nicht, ob Nicoladoni diesen Umstand bei der Untersuchung der von ihm beobachteten beiden Fälle von Torsion des Samenstranges mitberücksichtigt hat. So viel ich aus seiner Abhandlung ersehe, handelt es sich in dem einen Falle um eine Gesamtaxendrehung von 180° , in dem andern um eine solche von 360° ; beide Fälle betrafen die rechte Körperhälfte, in beiden soll linksspiralige, also vermehrte homodrome Drehung vorhanden und die Ursache für Zirkulationsstörungen gewesen sein, welche operative Eingriffe erheischten.

Wenngleich die spiralige Beschaffenheit des Nebenhodens an sich in seinem ausgebildeten Zustande schwer zu erkennen ist, so muss den Wolff'schen Körpern des Embryo, aus welchen sich der Nebenhode entwickelt, die homodrome Anlage zuerkannt werden. Beim weiblichen Geschlecht entsteht aus den Wolff'schen Körpern der Nebeneierstock; es dürfte somit auch dieser die homodrom spiralige Anlage besitzen. Auch den Wolff-Gartner'schen Kanälen des Weibes, welche dem Vas deferens des Mannes entsprechen, kommt ein spiraliger Verlauf zu, wie dies erst neuerdings Rieder auf S. 124 u. f. seiner Arbeit beschrieben hat. Der Nebeneierstock der Reptilien besteht aus einem in der mannigfachsten Weise spiralig verflochtenen Kanal.

Bei denjenigen Tieren, bei welchen der Uterus masculinus, das Weber'sche Organ, ein Uterus masculinus bicornis ist, wie z. B. beim Hunde, sind die beiden Hörner in homodromem Sinne gewunden.

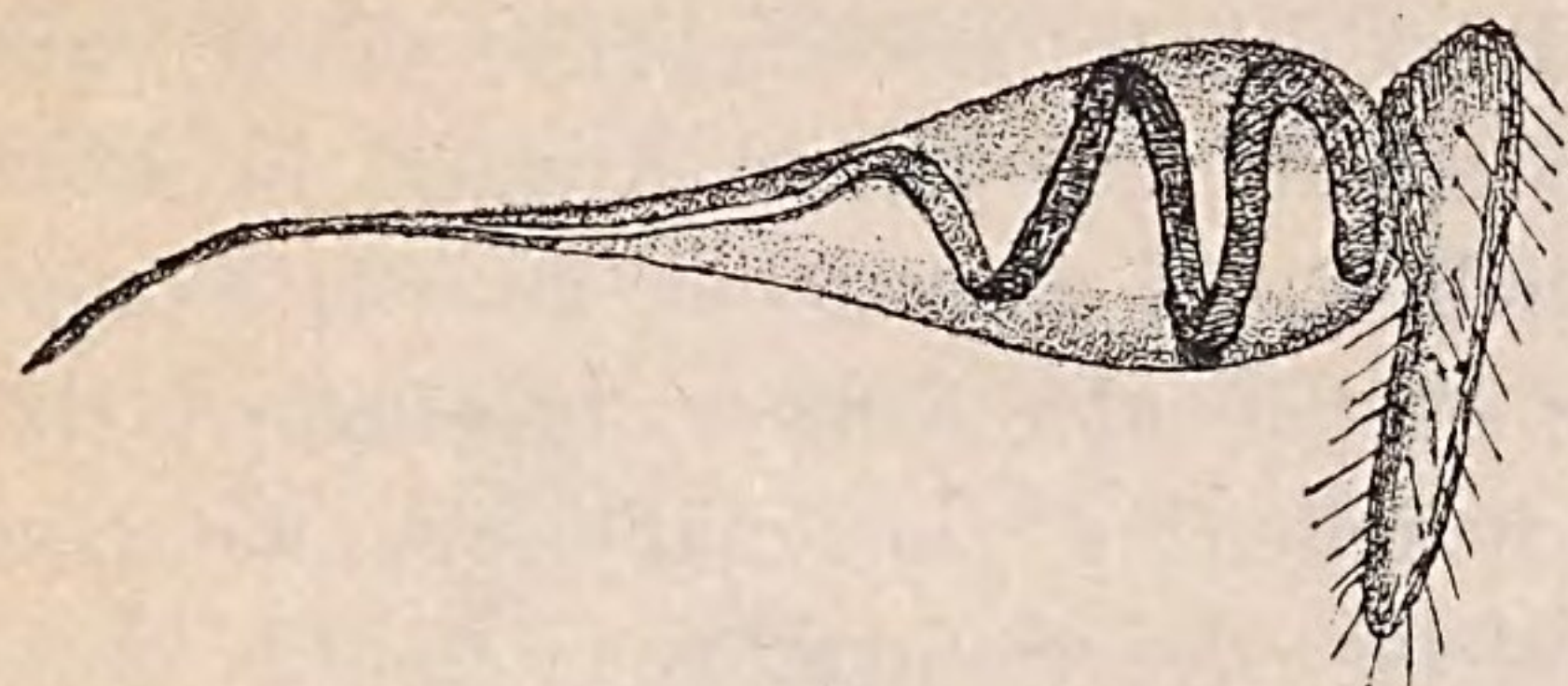
Die spiralige Beschaffenheit findet sich auch in den beiden Hälften des Penis wieder. Hat hier die Drehungsrichtung der einen Körperhälfte bei weitem die Oberhand über die andere, so kann der ganze Penis, wie beim Moschustier, oder die Eichel spiralförmig in dem entsprechenden Sinne geformt sein. Beim Moschustier hat die rechte Körperhälfte die Oberhand; denn der Penis ist linksspiralig geformt.

Spiralig gewundene Formen des Penis oder Cirrus findet man auch bei wirbellosen Tieren nicht selten vor. So ist derjenige des Leberegels' *Distomum hepaticum*, spiralig, und wie ich bei Sommer finde, rechtsgewunden. Den Beweis der Homodrome liefert das Begattungsorgan der Heteropoden, deren Penis samt Drüsenrute an der rechten Seite des Körpers hervorragen und linksspiralig gewunden sind.

Die wirbellosen Tiere pflegen die spiralige Beschaffenheit der männlichen Geschlechtsorgane noch bei weitem auffallender zu zeigen, als die Wirbeltiere; ich erinnere an die enorm gewundenen Hoden und Vasa deferentia der Würmer und Krustaceen. Da wo die Geschlechtsorgane paarig angelegt sind, scheint auch bei ihnen die homodrome spiralige Anordnung gegeben zu sein. Darauf deuten wenigstens die Abbildungen hin, welche ich in dem Werk von A. Nuhn auf S. 278 vorfinde. Dort sind in Fig. 291, welche die männlichen Geschlechtsorgane von *Melophagus ovinus*

wiedergibt, die Vasa deferentia, die paarigen hornigen Anhänge und die beiden Hälften des zangenartigen Begattungsapparates am Penis homodrom gewunden. In der folgenden Fig. 292 desselben Werkes, welche die männlichen Geschlechtsorgane von *Lagira hirta* darstellt, zeigen sogar die Anhangsdrüsen mit dem Vas deferens die homodrome Spiralstellung. Hierher gehört auch die eigentümliche Lage des Copulationsorganes einiger Aranoiden, so z. B. von *Segestria*, s. Fig. 15. Der Maxillartaster dieses Arthropoden ist als Copulationsorgan umgestaltet; das verdickte und ausgehöhlte Endglied erscheint löffelförmig und mit einem blasenförmigen Copulationsanhang nebst spiralig gebogenem Faden besetzt. Vor der Begattung füllt das Männchen den Anhang mit Sperma und führt den Endfaden in die weibliche Geschlechtsöffnung. Aus der

Fig. 15.



Endteil des rechten Kiefertasters von *Segestria* mit linksgewundenem Spermatophor; nach Bertkau.

Figur ersieht man die links-spiralige Windung des Sperma-

tophor, das ganze Copulationsorgan gehört dem rechten Kiefertaster an.

Die spiralige Funktion der Anhangsdrüsen mancher Arthropoden und Mollusken, welche den Couperschen Drüsen und den Samenblasen der Säugetiere vergleichbar sind, geht aus der spiraligen Form der Spermatophoren hervor, die in diesen Drüsen aus deren Sekret gebildet werden. Diese Spermatophoren schliessen die Samenkörperchen ein, welche sie zum Zweck der Begattung mittels eines zierlichen Spiralbandes hervorzuschnellen vermögen. Das Spiralband, welches infolge von Flüssigkeitsaufnahme innerhalb der weiblichen Geschlechtsteile seine Thätigkeit entfaltet, geht im Grunde des Spermatophor aus dessen Umhüllungsschichten hervor und bekundet damit weiterhin eine spiralige Beschaffenheit der Umhüllungsschichten.

Übrigens ist, wie aus der interessanten Arbeit von A. Schneider hervorgeht, eine Bildungsstätte der Spermatophoren keineswegs in allen Fällen in dem Vas deferens oder den Anhangsdrüsen zu suchen. In einer grossen Zahl von niederen Tieren werden sie vielmehr schon im Hoden gebildet und beweisen dadurch, dass dem Hoden eine spiralige Funktion zukommt. So erlangen z. B. die Spermatophoren von Insekten, *Coccus adonidum*, ihre Gestalt schon während ihres Aufenthaltes in den Follikeln des Hodens; es sind lange wurmartige Gebilde, deren Hinterende in enger Schraubenlinie gewunden ist. Bei *Abax striola* besteht der Spermatophor aus drei schraubenförmig umeinander gedrehten an dem einen Ende zusammenhängenden Streifen. Aber selbst auch bei denjenigen Insekten, *Cursores*, deren Samenbüschel durch ein enges, spiralig gewundenes, Vas deferens hindurchtreten, erhalten sie ihre Form schon vor dem Eintritt in dasselbe. So sieht man, dass die Samenbündel der *Tinea pellionella*, welche

wie Haarlocken spiralig umeinander gewunden sind, bereits in den Hoden gebildet werden. Die Spermatophoren der Myriopoden sind Spermatozoen, welche spiralig umeinander gedreht sind, wie die Taue der Schiffe; diejenigen der Krustaceen, Oniscus, sind fadenförmig und dabei spiralig; der Spermatophor von *Helix pomatia* ist seiner Form nach ein genauer Ausguss des Flagellum, es ist ein langer, dicker, hinten fadenförmiger, mit Rippen auf seiner Oberfläche versehener Strang von knorpeliger Konsistenz, der in seinem mittleren Teil spiralig aufgerollt ist. Aus diesem Befunde geht somit auch die spiralige Beschaffenheit und Funktion des Flagellum hervor. Die Spermatophoren der Chätopoden, *Spio*, welche bereits von Claparède und Mecznirow im Jahre 1869 beschrieben wurden, sind spindelförmige, an dem einen Ende spitzig zulaufende Körper, in deren Innerm dreierlei Gebilde liegen, nämlich 1) ein elliptischer, aus der Samenmasse und einer homogenen Substanz bestehender Körper, in welchem sich die spiralig gewundenen Zoospermien befinden; 2) eine zähflüssige, flaschenförmige Masse; 3) ein Spiralfaden, welcher den Samenkörper an das spitze Ende des Spermatophor befestigt. Die Spermatophoren endlich der *Limicolae* (ebenfalls Chätopoden), welche von Dugès im Jahre 1828 entdeckt wurden, sind hohle Schläuche, auf deren Innenfläche man eine Lage starrer spiralig gewundener Spermatozoen findet.

Die vorangegangenen Schilderungen habe ich deshalb so ausführlich gemacht, weil ich zeigen wollte, wie man die spiralige Beschaffenheit und die spiralige Funktion in allen Teilen der männlichen Geschlechtsorgane wiederfindet, nicht nur in den mit bloßem Auge erkennbaren Teilen, sondern auch in ihrem histologischen Détail. Ich werde weiter unten zeigen, dass diese spiraligen Eigenschaften sich bis in die Samenzellen, ja bis in deren Protoplasma und den Kern zurückverfolgen lassen.

3. Samenelemente.

a. Spermatoblasten. Die Spermatoblasten, auch Spermatiden, runde Hodenzellen benannt, sind diejenigen Gebilde, in welchen sich die eigentlichen Samenzellen oder Spermatozoen entwickeln. An der Umhüllungsmembran derselben sind meines Wissens spiralige Eigenschaften bisher nicht gefunden worden, wohl aber an ihren Fortsätzen, falls sie solche besitzen (siehe Fig. 16) und ferner an ihrem Inhalt, dem Proto-

Fig. 16.



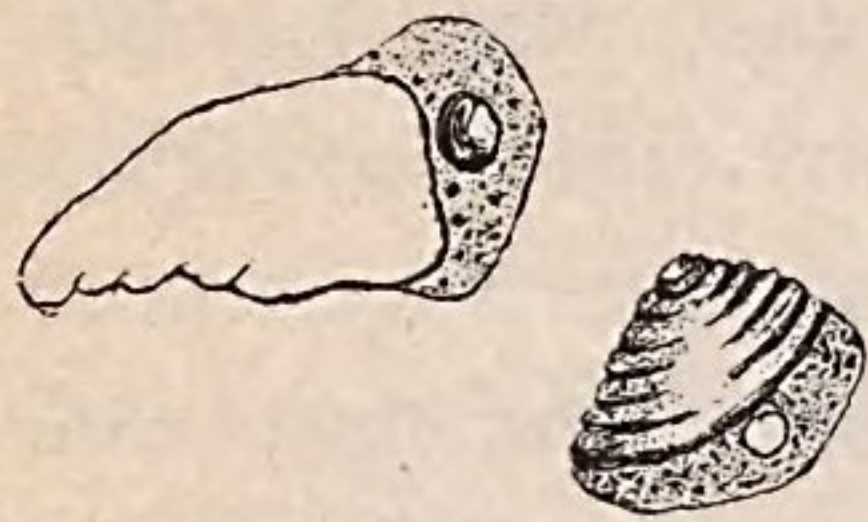
Samenzelle einer Crustacee mit spiraligem Ausläufer, nach Weismann.

plasma. Zeugnis hierfür legen die Produkte des Protoplasma ab. Weismann bildet auf Tafel 13 seiner Arbeit in Fig. 49 und 50 die Samenelemente von *Leptodora hyalina* ab. In dem Protoplasma der Spermatoblasten entstehen nach ihm mehrere, bis zu vier Tochterzellen, die eigentlichen Samen-Zellen. Letztere besitzen, wenn man sie bei 400facher Vergrößerung untersucht,

eine spiralgige Faltung ihrer Rindenschicht. Die ganzen Gebilde haben die Bedeutung von Spermatozoen, sind jedoch nicht geschwänzt und unbeweglich. Die spiralgigen Falten ihrer Rindenschicht sind nicht etwa Kunstprodukte, sondern sie treten, wie Weismann auf S. 96 hervorhebt, im Hoden des lebenden Tieres auf und oft mit grosser Deutlichkeit.

Einen weitem Beweis für die spiralgige Beschaffenheit oder Funktion des Protoplasma der Samenkörper finde ich in der Arbeit von Nussbaum, in welcher die Veränderungen der Samenkörper von *Ascaris megalocephala* geschildert sind, nachdem sie in die weiblichen Geschlechtsorgane hineingelangt sind. Die grossen glänzenden Körper des Protoplasma fliessen nämlich zu einem zuckerhutförmigen Gebilde zusammen, welchem der Kern

Fig. 17.

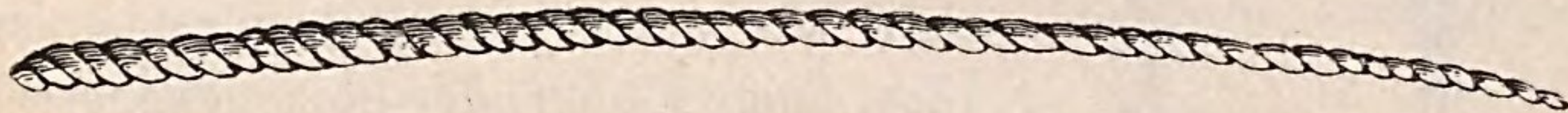


Samenkörper von *Ascaris megalocephala* im ausgedehnten und im komprimierten Zustande.

und ein kleiner Protoplasma-rest an der Basis anhaften, siehe Fig. 17, links. Durch Kontraktionen des Protoplasma wird das zuckerhutförmige Gebilde, welches Nussbaum die Kopfkappe nennt, zusammengedrückt und zeigt in diesem Zustande eine spiralgige Faltung, wie es in Fig. 17, rechts, gezeichnet ist. — Schmarda bildet in Fig. 80 u. ff. seines Werkes von 1877, Bd. I., S. 131, den Samenkörper von *Cypris acuminata* ab. Man sieht sofort die deutliche rechtsspiralgige Form desselben (siehe

Fig. 18). Auch die Faden- und Knäuelbildung, wie sie de la Valette

Fig. 18.



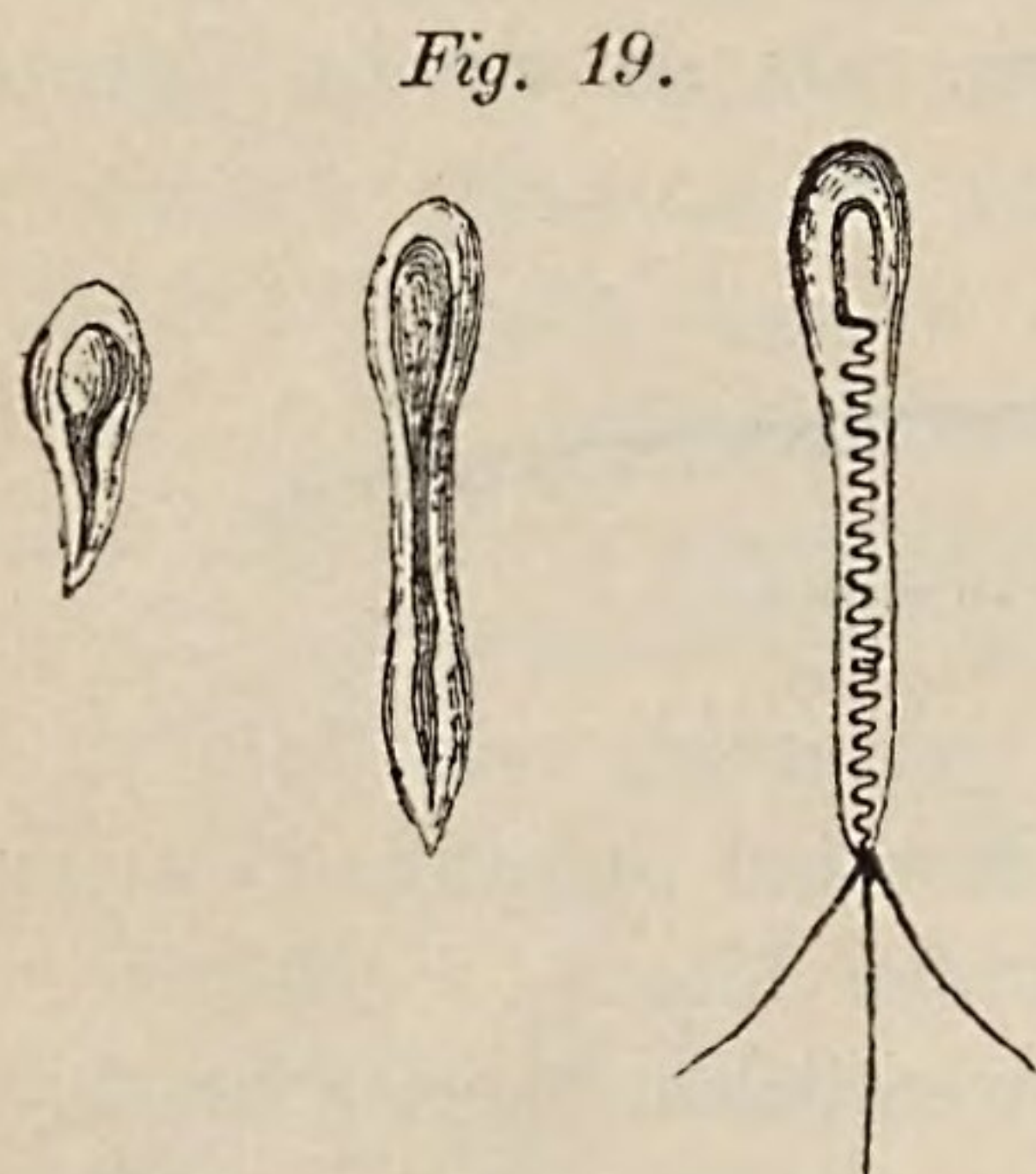
Samenkörper von *Cypris acuminata* (Crustacee).

im Nebenkern der Spermatiden von *Blatta germanica* auf Tafel 2 in Figur 74 seiner Arbeit von 1886 abbildet, deutet auf spiralgige Bewegung oder Funktion im Protoplasma dieser Spermatiden hin. — Verfolgen wir endlich die Entstehung des Schwanzes der eigentlichen Spermatozoen, so kommen wir zu dem Schluss, dass sich in jedem einzelnen Spermatoblasten spiralgige Eigenschaften nachweisen lassen, mag man den Schwanz des Spermatozoon für ein Produkt des Spermatoblastenkernes erklären, wie Kölliker und Brissaud dies thun, oder mag man ihn als ein Produkt des Protoplasmas erklären, wie es die meisten Autoren thun. Der Schwanz des Spermatozoon findet sich nämlich in den peripherischen Schichten des Protoplasma spiralgig aufgerollt, und zwar zunächst als ein äusserst feines Fädchen. Letzteres wird nun, wie A. v. Brunn genauer schildert, der eigentliche Axenfaden des fertig ausgebildeten Spermatozoon. Um ihn herum gruppieren sich dann weitere Bildungen des Protoplasma als Auflagerungen. Die feinen Körnchen des Protoplasma ordnen sich nämlich der Quere nach und geben dadurch dem Schwanz ein quergestreiftes Aussehen. Ob nun hier einzelne in sich geschlossene Ringe oder eine kon-

tinuierliche Spiralfaser vorliegt, konnte v. Brunn nicht entscheiden, neigt sich jedoch mehr zu der erstern Ansicht. Später verschmelzen die Querstreifen der Länge nach, so dass der Schwanz des Spermatozoon nunmehr wieder ein homogenes Aussehen erhält.

Zahlreiche Arbeiten der neuesten Zeit stellen nun weiterhin auf das unzweifelhafteste fest, dass der Schwanzteil der Spermatozoen der meisten Tiere einen sogenannten Spiralsaum besitzt, welcher bei den Spermatozoen von Salamandra längst bekannt war. Gibbes wies ihn beim Pferd, Hund, Kater, Meerschweinchen, Kaninchen, Stier, Menschen als ein feines, das Mittelstück des Spermatozoon in sechs bis neun Spiralwindungen umziehendes Fädchen nach; Jensen bezeichnet das Gebilde als Spiralstrang, welcher den Zentral- oder Axenstrang in spiraligen Windungen umzieht; Leydig fand ihn bei der Hausmaus u. s. w.; v. Brunn hält das von Leydig beschriebene Spermatozoon für ein unreifes und das, was Leydig als optischen Ausdruck eines Flossensaumes ansieht, für eine Entwicklungserscheinung. Sei dem, wie ihm wolle, wir haben hier wiederum ein spiralisches Produkt des Protoplasma der Spermatoblasten vor uns, welches auf die spirale Funktion dieses Protoplasma hinweist. Auch die Beschreibung der Spermatozoen von *Mesostomum Ehrenbergii*, wie sie Schneider in Fig. 20—22 auf Tafel 3 seiner Arbeit und ferner auf S. 55

derselben giebt, stützt diese Behauptung. Die unreifen aus dem Spermatoblasten herrührenden Spermatozoen dieses Wurmes wachsen nämlich im Hoden noch bedeutend; aus ihrem hyalinen Protoplasma entstehen drei lange Fäden; der homogene feste Körper desselben streckt sich in die Länge, dann wird er durch eine denselben umfassende spirale Furchen in einen spiralgewundenen Faden verwandelt, siehe Fig. 19.



Samenzellen von *Mesostomum Ehrenbergii*, nach Schneider; links Samenzelle aus hyaliner Substanz; mitten dieselbe grösser; rechts die homogene Substanz in einen spiralen Faden verwandelt, drei Endfäden aus hyaliner Substanz.

Gehen wir nun zu dem Kopf des Spermatozoon über, so finden wir dort den spiralen Bau bei den Vögeln und Selachiern deutlich ausgeprägt, der Kopf ihrer Spermatozoen ist korkzieherförmig gewunden. Ausserdem ist er, wenn er einige Länge besitzt, nicht grade gestreckt in dem Spermatoblasten gelagert, sondern er ist spirale eingerollt. So bildet Herrmann den linksspirale eingerollten Spermatozoonkopf von *Squatina angelus* ab. Auch bei den Amphibien und einigen wirbellosen Tieren kommen spirale Formen des Spermatozoonkopfes vor. Der Kopf der Samenkörper von *Bufo calamita* ist nach de la Valette nicht selten in regelmässigen Touren korkzieherförmig gewunden; v. Siebold sah bereits vor dem Jahre 1836 die Schraubenform am Kopfende der Spermatozoen von *Paludina vivipara*;

M. v. Brunn, welcher die Samenkörper desselben Tieres neuerdings untersucht hat, beschreibt die bekannte zweite Form der Spermatozoen von *Paludina* als ein langes grosses wurmförmiges Gebilde, welches sich mittels der mannichfachsten spiraligen Windungen fortbewegt.

Auch die Bewegung der Spermatozoen ist vielfach eine spiralige oder schraubenförmige. Schon Krämer beschrieb im Jahre 1842 unter den Bewegungen der Spermatozoen auch solche von Axendrehungen, Rotationen um die Längsaxe. Eimer sagt, der grössere Teil des Schwanzes umschreibe einen nach hinten offenen Kegelmantel, der kleinere vordere einen nach vorn offenen Kegelmantel, so dass der ganze von dem Spermatozoon umschriebene Raum sanduhrförmig sei. Diese Bewegungen sollen ein schraubenförmiges Vorwärtsschieben bedingen, infolge dessen der Kopf des Spermatozoon leichter und bohrend die Mikropyle des Eies erweitert und passiere. Auch v. Brunn beobachtete die Rotations-Bewegungen, führte sie jedoch zum grossen Teil auf äussere Hindernisse, Strömungen in der Spermaflüssigkeit u. s. w., zurück; nur da, wo der Kopf schraubenförmig sei, bedinge dieser die Rotationen.

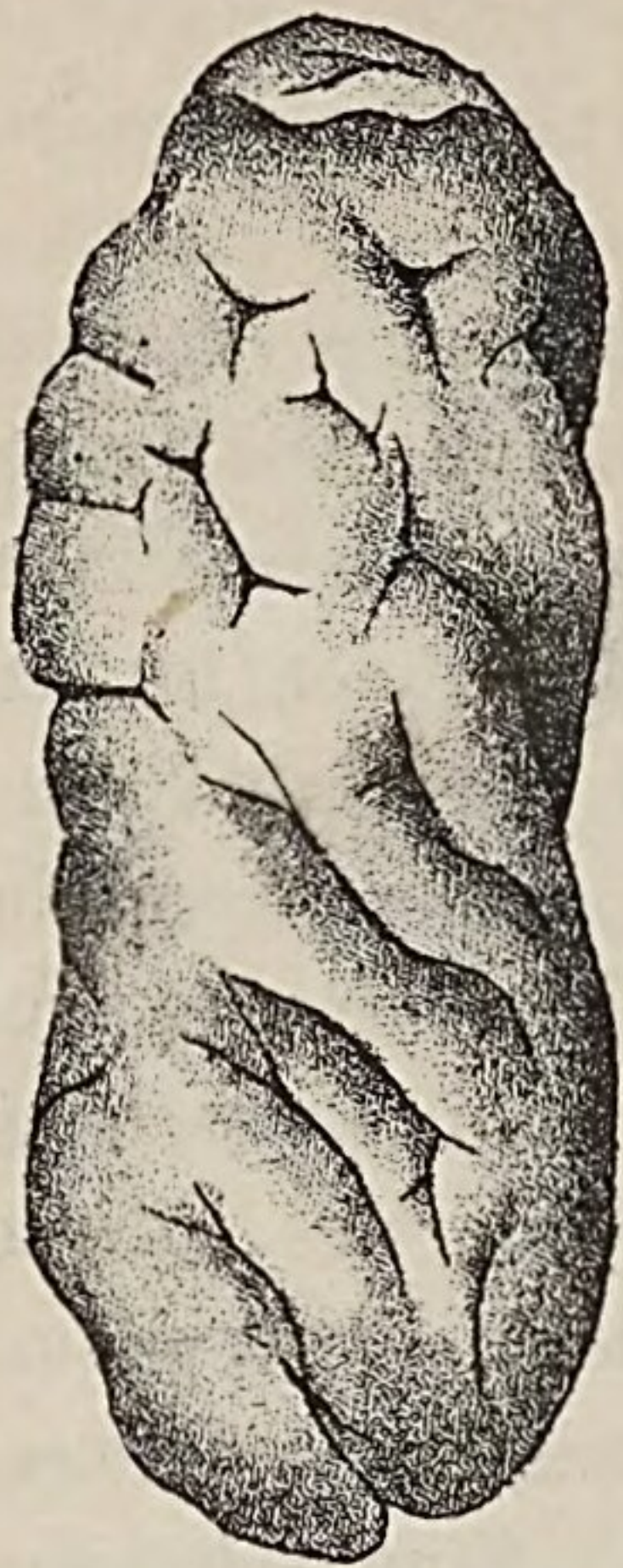
In keiner der oben erwähnten Arbeiten finde ich irgend eine Notiz über die Windungsrichtung des schraubenförmigen Spermatozoonkopfes; aus der Fig. 13 der Arbeit von v. Brunn geht die Linkswindung deutlich hervor.

Endlich mag noch als Zeichen der spiraligen Eigenschaft der Spermatozoen eine Beobachtung von Schneider Erwähnung finden. Dieser Forscher fand, dass die Spermatozoen der Hirudinee *Aulastoma vorax*, sobald sie in das reife oder unreife Ei hineingelangt sind, sich sofort spiralig zusammenrollen.

4. Weibliche Geschlechtsorgane.

Der Eierstock des Menschen und der Säugetiere ist in seiner ersten Anlage ein spiralig angelegtes Organ; denn er setzt sich aus gewundenen Schläuchen zusammen und nimmt erst bei seiner weiteren Entwicklung die folliculäre Form an. Im ausgebildeten Zustande ist seine spiralige Beschaffenheit deshalb auf den ersten Blick nicht zu erkennen. Betrachtet man den Eierstock der Vögel in situ, so sieht man auch an ihm nichts Besonderes. Löst man jedoch den meist linken Eierstock zur Zeit der Eireife von der hintern Fläche der Bauchhöhlenwand, und betrachtet man seine hintere Fläche, so wird man finden, dass diese rechtsspiralig ist. Die Eierstöcke der nackten Amphibien, Saurier und Ophidier stellen hohle Schläuche dar, auf deren Innenwand die Eier gebildet werden; die Schläuche sind gewunden. Nach den Zeichnungen in dem Werke von Nuhn, S. 260 u. ff., kommt denselben entschieden eine homodrome Windung zu. Letztere muss ich auch den hohlen schlauchartigen Ovarien der Knochenfische zuerkennen, und auch bei denjenigen Fischen, welche solide Ovarien besitzen, kann man nicht selten den spiraligen Bau sofort erkennen.

Fig. 20.



Linksspiralig angelegtes
Ovarium einer Balänide,
nach Beauregard et Baulart.

In Fig. 20 ist der Eierstock einer Balänide abgebildet, welche deutlichen linksspiraligen Bau besitzt.

Die spiralige Form der Ovarien ist bei den wirbellosen Tieren noch viel deutlicher ausgeprägt, als bei den Wirbeltieren. Man denke nur an die gewundenen Schläuche der Arthropoden und Würmer. Bei vielen von ihnen, welche paarige Ovarien besitzen, pflegt sich die homodrome Windung ihrer Schläuche vorzufinden, so z. B. bei *Scolia interrupta*, *Astacus fluviatilis* u. a. Das Ovarium der Bienenkönigin ist prachtvoll rechtsspiralig gewunden.

Dem Ligamentum ovarii muss ich nach einem Präparat der anatomischen Sammlung (Innere Geschlechtsteile eines weiblichen Kindes aus dem ersten Lebensjahre, 1886) die homodrome Drehung zusprechen.

Bekanntlich werden an dem Ligam. ovarii zuweilen Torsionen beobachtet. E. Fränkel teilt einschlägige Fälle mit und führt auch die betreffende Litteratur an. Aus seiner Arbeit konnte ich ebensowenig wie aus einem Bericht in Langenbeck's Archiv der Chirurgie von 1863—1865 S. 783 ersehen, ob die Torsionen in homodromem oder antidromem Sinne verlaufen. Es wäre gewiss in therapeutischer Hinsicht von Interesse, in vorkommenden Fällen hierauf genauer zu achten.

Die Eileiter sämtlicher Tiere sind in hohem Grade spiralig gewunden, und zwar scheint hier stets die homodrome Windung vorhanden zu sein. Beim Menschen ist die homodrome Windung meist leicht zu erkennen; noch leichter sieht man sie bei Tieren mit Uterus bicornis, so z. B. bei Rindern, wo die Windung der Uterushörner sich auf die Eileiter fortsetzt. — Bei den Vögeln pflegt meist nur der linke Eileiter vorhanden zu sein, derselbe besitzt meiner bisherigen Erfahrung nach linksspiralige Anordnung seiner innern secernirenden Schicht; wie seine übrigen Schichten, besonders die Muskelfasern, und wie ferner die Peristaltik windet, konnte ich bisher nicht entscheiden. Ist ausnahmsweise der rechte Eierstock und Eileiter vorhanden, so besitzt der letztere ebenfalls linksspiralige Windung, wie ich dies bei der Sektion einer eierlegenden Henne vorgefunden habe. Die hochgradige linksspiralige Windung betraf auch hier vorwiegend die dicke, eiweissabsondernde innere Schicht; die Spiralensteigung mochte etwa 75° betragen; das mit seiner Spitze gegen die Kloake gerichtete Ei im Eileiter hatte an seinem spitzen Ende ein linksspiraliges, an seinem stumpfen Ende ein rechtsspiraliges Chalazion. Eier, welche durch einen rechtsspiraligen Eileiter wandern, werden am spitzen Eipole ein rechtsgewundenes Chalazion haben. Da nun, im Eileiter wenigstens, das Ei regelmässig mit seiner Spitze der Kloake zugewendet ist, so wird

man an gelegten Eiern aus der Windungsrichtung der Chalazae erkennen können, ob das Ei aus einem linken oder rechten Eileiter kam.

Pathologisch geformte Vogeleier, bei welchen eine nur mangelhafte Eiweisschülle gebildet worden ist, pflegen die spiralige Windung des Eileiters, durch welchen sie gleiten, ihrer äussern Form nach zu verraten; die sich um das Eiweiss legende Kalkschale nimmt natürlich dieselbe Form an. In der Sammlung der Tierarzneischule fand ich eine Anzahl (sechs) solcher spiralig gekrümmter Eier; fünf von ihnen waren rechtsspiralig, eins linksspiralig gewunden; letzteres muss aus einem rechten Eileiter stammen. Ausser den genannten Eiern fand ich ferner in derselben Sammlung ein grosses rechtsspiraliges Ei ohne Kalkschale, welches man frei in der Bauchhöhle einer Henne gefunden hatte. Hieraus schliesse ich, dass auch dem Ei selbst resp. dem betreffenden Eierstock eine ganz bestimmte rechtsspiralige Wachstumsrichtung innewohnt, wenn man nicht etwa die linke Bauchhöhlenthälfte, in welcher das Ei gelegen hat, für die rechtsspiralige Bildung desselben verantwortlich machen will.

Die Kalkschale der Eier pflegt an ihren beiden Polen, besonders an dem spitzen Eipol, Spuren eines Wirbels zu tragen; man ist jedoch meist nicht im Stande, die Windungsrichtung genau zu verfolgen.

Die Reptilien und Fische besitzen stark gewundene Eileiter; nach den Zeichnungen bei Nuhn S. 259 u. ff. zu schliessen, haben dieselben homodrome Windung.

Dass auch bei den wirbellosen Tieren die Eileiter und die weiblichen Geschlechtsorgane überhaupt spiralige Funktion besitzen, hat M. v. Brunn im Jahre 1884 bei *Paludina vivipara* in überzeugendster Weise dargethan. Das Ei derselben dreht sich auf dem Wege durch den Eileiter, das Receptaculum seminis und den Uterus um seine Axe und erhält dabei eine Eiweisschülle, welche an seinem vordern und hintern Pole chalazaähnlich torquiert ist. Die Eiröhren von *Pulex*, deren jederseits fünf vorhanden sind, besitzen prachtvolle homodrome Drehung. — Die unpaarige Eiweissdrüse der Heteropoden, *Pterotrachea*, ist samt ihrem Gange spiralig gewunden; Leuckart bildet die Windung in rechtsspiraligem Sinne ab.

Der Uterus des menschlichen Weibes besitzt in seinen beiden Hälften die homodrome Drehung. Wenn man diese am normalen Uterus nicht hinlänglich deutlich erkennt, so braucht man nur einen Uterus bicornis näher zu untersuchen. Bei den Säugetieren, welche normalerweise einen zweihörnigen Uterus besitzen, sagt schon die Bezeichnung „zweihörnig“, dass wir mit gewundenen Organteilen zu thun haben; untersucht man die Hörner näher, so fällt die homodrome Windung nicht nur der äussern Form, sondern auch der Muskelfaserung nach sofort in die Augen. Die Untersuchung der innern Geschlechtsteile der Tiere mit doppeltem Uterus, Hasen, Mäuse u. a., wird über die homodrome Drehung bis zum os uteri externum hin keinen Zweifel lassen. — Die Blutgefässe der Uterussubstanz sind namentlich in den mittlern Schichten der letztern von spiraligen Muskelfaserbündeln umwunden.

Der paarige Uterus von *Ascaris megalocephala* ist spiralig gewunden, was besonders bei älteren Weibchen, deren Uterus mit Eiern prall gefüllt ist, deutlich wird.

Die spiralige Beschaffenheit der Uterusmuskulatur ist Bögle so sehr aufgefallen, dass er diese Muskulatur auf S. 106 seines Werkes für eine schraubige resp. schneckenförmige erklärt; ja er bezeichnet, und nicht mit Unrecht, den ganzen Geburtshergang als einen schraubig gewundenen.

Folgerichtig muss nun auch die Vagina in ihren beiden Hälften die entsprechende homodrome Drehung besitzen, und zwar bis zu derjenigen Stelle, wo die durch die Bildung der äusseren Genitalien zustande kommende antidrome Einstülpung ansetzt, d. h. bis zum Hymen. Bei Tieren, welche neben doppeltem Uterus auch doppelte Scheide besitzen, Beuteltiere, wird es nicht schwierig sein, die Art der spiraligen Drehung in der Vagina zu erkennen. Vielleicht gibt unter anderm die Beschaffenheit der Columnae rugarum sofort den richtigen Aufschluss in gleicher Weise wie die auf S. 7 geschilderte Form und Stellung der Trabekeln in mukösperiostalen Ueberzug des Schweines die dortige Wachstumsdrehung bekundet.

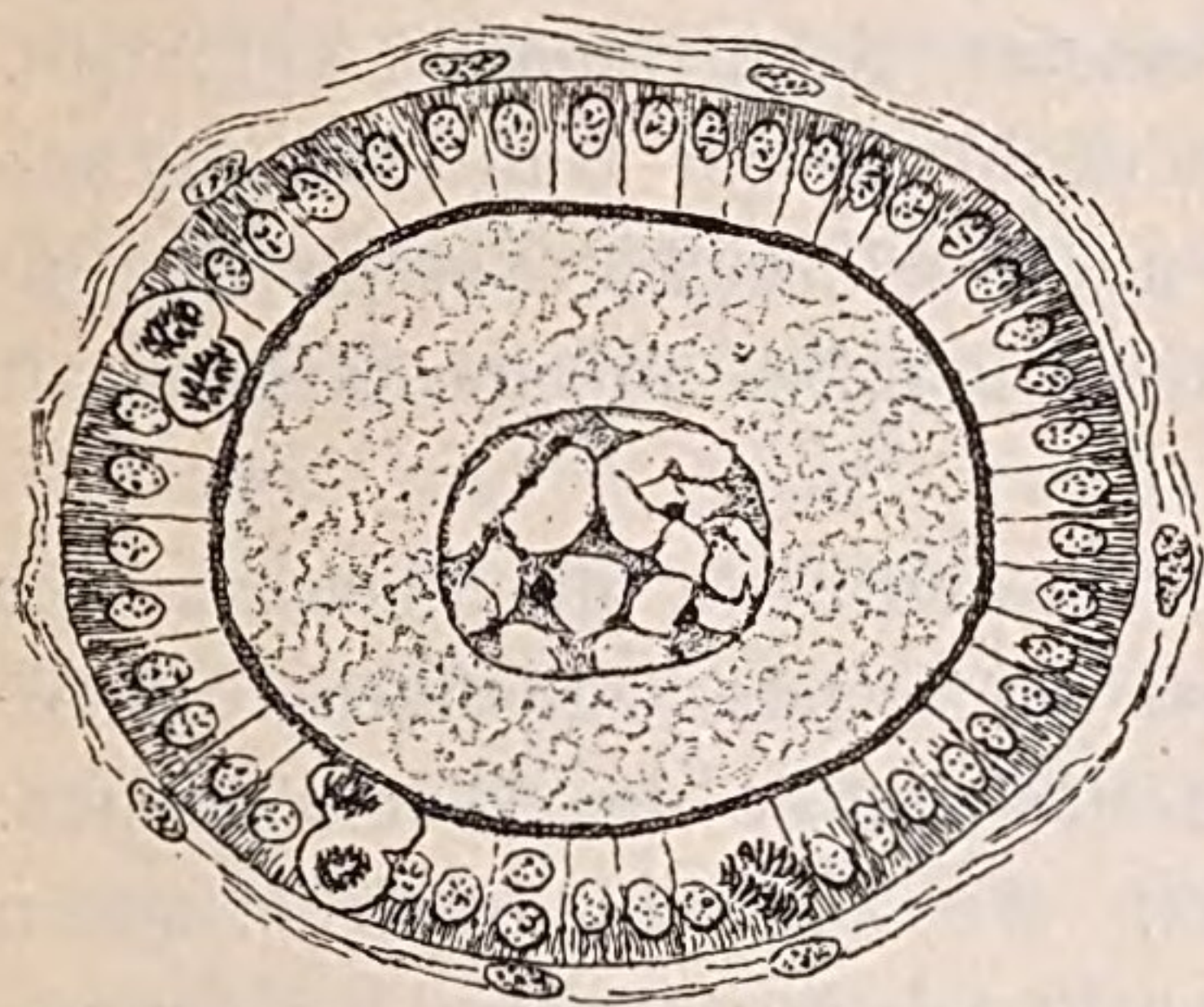
Bei den Kühen kommt in der Gravidität eine Axendrehung, Torsion, des schwangern Uterus samt der Vagina vor. Aus einer Abhandlung in den Archives gén. von Leblanc glaube ich schliessen zu dürfen, dass in der Mehrzahl der Fälle dabei die vordere Wand des Uterus nach links hinübergedreht wird u. s. w. Die Vagina würde alsdann eine rechts-spiralige, die Eileiter eine linksspiralige Drehung erhalten. Um eine solche Torsion wieder zurückzudrehen, müsste man das kranke Tier in demselben Sinne um seine Längsaxe über den Boden hinwälzen, d. h. wenn es auf dem Bauch liegt, so wäre es auf die linke Seite zu wälzen u. s. w. Die Diagnose, wie der Uterus torquiert ist, wird mit Leichtigkeit gestellt, dadurch dass man die Hand in die Vagina einführt; man fühlt alsdann sofort deren rechts- oder linksspiralige Windung.

Die spiralige Beschaffenheit der Milchdrüsen kann bei solchen Tieren, deren Drüse aus langen gewundenen Schläuchen besteht (Monotremen und Cetaceen), keinem Zweifel unterliegen; besonders schön gewunden scheinen sie beim Schnabeltier zu sein. Die gewundene Beschaffenheit der Ausführungsgänge in den Zitzen, Papillen, derselben geht daraus hervor, dass der Milchstrahl spiralig gewunden aus ihnen hervorkommt. Auch hat Jakowsky im Jahre 1880 nachgewiesen, dass die bisher scharf unterschiedenen radiären und zirkulären Fasern, glatte Muskelfasern, des Warzenhofes beim menschlichen Weibe vielfach in einander übergehen, indem namentlich Kreisfasern des Warzenhofes mittels Spiraltouren in Längsfasern der Papille sich fortsetzen. — Dass die Milchdrüse des Menschen zwischen der homodrom gedrehten Haut und dem homodromen Musculus pectoralis major ein homodromes Wachstum besitzt, darüber kann kein Zweifel obwalten.

5. Das Ei und der Embryo.

Die Bildung des Säugetiereies findet in dem Graaf'schen Follikel statt, das Ei entsteht aus dem Epithel desselben. Das Epithel steht, wie alle Epithelien, nicht genau senkrecht, sondern etwas schräge auf seiner bindegewebigen Unterlage. Ich habe dies schon in dem Drehungsgesetz

Fig. 21.



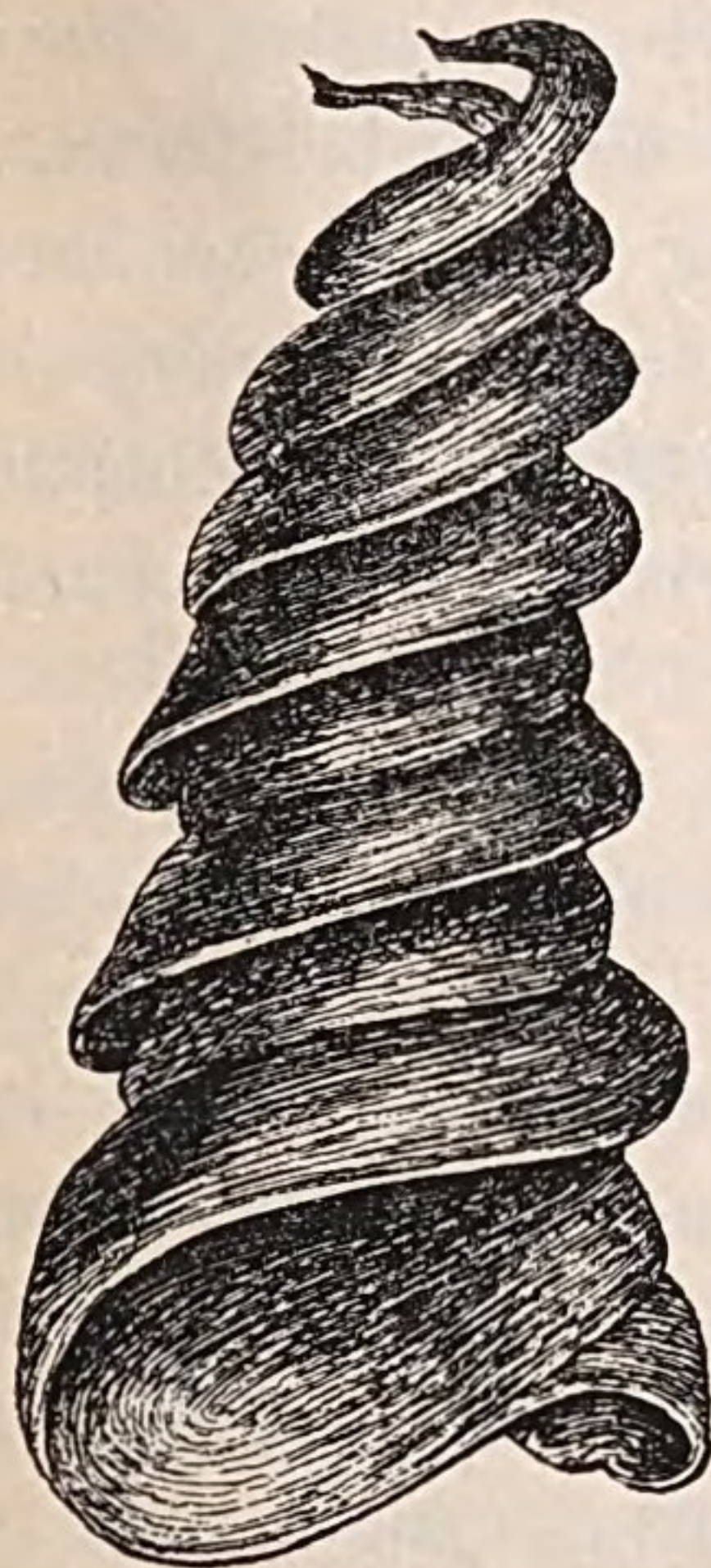
Graaf'scher Follikel mit schräggestellten Zellteilungssachsen; nach Flemming.

für eine Drehungserscheinung erklärt. Eigentümlich ist es, dass fast sämtliche Zellteilungen in dem Epithel des Graaf'schen Follikels in schräger Richtung erfolgen, wie dies in Figur 21 dargestellt ist; auch dies scheint mir eine Drehungserscheinung zu sein.

Das Ei selbst hat in der Regel eine kugelige oder ellipsoidische Gestalt; es fehlt jedoch auch nicht an Eiern, welche im normalen Zustande schraubenförmig gewunden sind. So findet man es z. B. bei den Selachiern. In Fig. 22 findet sich ein solches Ei abgebildet, es hat

zwei scharfe leistenartige in Rechtsspirale gewundene Vorsprünge auf seiner Oberfläche.

Fig. 22.



Ei von *Cestracion Phillippi* in $\frac{3}{8}$ der natürlichen Grösse; mit rechtsspiraligen Leisten auf der Oberfläche; nach Leunis.

Manchmal haben solche Eier ferner längere Fortsätze ihrer Hülle, welche alsdann spiralig gewunden zu sein pflegen. So haben die Eier von Selachiern vier hornartige Auswüchse oder spiralig gedrehte Schnüre zur Befestigung an Seepflanzen. Auch an den Eiern von Würmern, Diplozoon, kommen ähnliche, manchmal sehr lange spiralige Haftfäden vor. Es fehlt selbst nicht an Eiern, welche nur zwei solcher Fortsätze zu beiden Seiten der Mikropyle besitzen; so findet man es z. B. beim Ei von *Drosophila cellaris*, welches in der Zoologie von Claus abgebildet ist. Das Ei dieses Insekts trägt zwei lange Fortsätze, von denen der eine linksspiralig, der andere rechtsspiralig gewunden ist. Da beide Fortsätze ferner platt sind und am Ei breit ansitzen, so erhält das Ei eine bilateral symmetrische Gestalt, und ich glaube, dass man es durch einen Sagittalschnitt, der in der Mitte zwischen beiden Fortsätzen durch die Mikropyle

gelegt wird, in zwei Hälften zerlegen kann, von denen diejenige mit dem linksspiraligen Fortsatz die spätere rechte Körperhälfte wird.

Sitzen die spiraligen Verlängerungen der Eihülle an diametral entgegengesetzten Polen des Eies, so sind sie nicht selten im entgegengesetzt

spiraligen Sinne torquiert; in diesen Fällen scheinen die Fortsätze erst im Eileiter gebildet oder wenigstens erst dort torquiert zu sein, indem sie dieselbe Entstehungsart haben wie die Chalazae des Vogeleies. Hierher gehören unter anderm die torquierten Fortsätze der Eier von *Scyllium*, welche Perravex beschrieben hat.

Manche Eier besitzen neben ihrer Membran noch besondere Schutzhüllen, an denen die spiralige Beschaffenheit auffällt. So hat O. Hertwig bei Mollusken, *Nausithoe albida*, einen besonderen Schutzapparat gefunden. Die Eier sind nämlich zu zwei bis zehn an Zahl in ein Gallertklümpchen eingeschlossen, in welchem sich fernerhin noch zahlreiche Nesselzellen in gleichmässiger Verteilung vorfinden. Letztere entfalten je eine Kapsel mit spiralig in ihr aufgerolltem Nesselfaden.

Das Ei ist von der sogenannten *Zona pellucida* umgeben; in ihr befinden sich eine oder mehrere, manchmal sehr viele Öffnungen, Mikropylen, durch welche die Spermatozoen in das Innere der Eier gelangen. Die Mikropylen gehen nicht senkrecht durch die *Zona* hindurch, sondern sie dringen in schräger Richtung und meist in leicht spiraliger Krümmung in die Tiefe. So fand Hans Virchow, indem er das amoeboide Durchtreten von Granulosazellen durch die *Zona* des Säugetiereies beobachtete, dass die Zellen in gewissen Stadien halb aussen und halb innen der *Zona* anliegen und durch einen dünnen, die Mikropyle ausfüllenden Strang untereinander verbunden sind. Dieser Strang zeigt oft gewundene Form. Dewitz hat erst neuerdings die schräge Richtung der trichterförmigen Mikropylen an den Eiern von *Periplaneta* beschrieben, welche schon lange vorher Leuckart bei anderen Insekten gefunden hatte. Ich muss die schräge Richtung der Mikropylen, ferner das trichterförmige Hineingehen nach innen und endlich die Windungen ihres Verlaufs für Drehungserscheinungen halten.

Aber auch der von der Mikropyle zum Eikern führende Sperma-gang ist spiralig gewunden, wie es Fol am Ei von *Asterias glacialis* beobachtet hat.

Gehen wir nun zu dem Kern des Eies über, so finden wir in den in neuester Zeit genau erforschten Kernteilungsvorgängen sogleich wieder Drehungserscheinungen. Selenka beobachtete im Jahre 1878 an dem Eikern von *Toxopneustes variegatus* unmittelbar nach seiner Vereinigung mit dem Spermakern eine Axendrehung von 90° , nach welcher dann sofort die Furchung beginnt. Nussbaum beobachtete dasselbe an dem Ei von *Ascaris nigrovenosa*, dessen Kern unmittelbar nach der Befruchtung eine Drehung durchmacht, bis er senkrecht zu der nun sich zeigenden ersten Furchungsebene steht.

Das erste, was bei der Teilung des Eikernes in die Augen fällt, ist das Grösserwerden des Kernes und das Auftreten von zwei Strahlensystemen oder Sonnen, Asten oder Amphiasten u. s. w. benannt. Mark war der Erste, der an diesen Asten, von denen einer in Fig. 23 abgebildet ist,

Fig. 23.



Spiralaster; nach Mark.

eigentümliche Drehungen bemerkte, infolge deren die Strahlen der Asten nicht mehr grade, sondern in spiraligen Krümmungen verlaufen; er sagt von diesem Spiralstern: „During the formation of the polar globules the internal aster sometimes represents a peculiar, and I believe, hitherto unobserved appearance. The radiate filaments in passing from the internal pole of the maturation spindle to near the surface of the yolk, make a grand spiral sweep.

This spiral arrangement is in some cases very pronounced, many of the rays traversing upward of 400° ; in other cases it is only feebly expressed. The spiral may be either dextral or sinistral. The same phenomenon, though less extensive, has also been seen in the polar globule, or external aster.“ Wenn ich Mark richtig verstanden habe, so hat er die Spiralerscheinung nicht an dem zu allererst auftretenden, sondern erst an dem zweiten Aster beobachtet, nachdem bereits ein Richtungskörperchen ausgestossen war. Zwei Jahre später, 1881, erschien die ausführliche Beschreibung der Untersuchungen von Mark, in welcher er auf S. 533 u. ff. die spiraligen Erscheinungen an den Asten genauer beschreibt und auf Tafel 2 abbildet. Im Jahre 1882 beobachtete Jijima in Tokio dieselben spiraligen Axendrehungen an den Asten bei der Eikernteilung von Nephelis, beschrieb sie und bildete sie ab.

Wenngleich dies die einzigen bisher vorliegenden Beobachtungen dieser Art sind, so ist an ihrer Richtigkeit nicht zu zweifeln. Bei wissenschaftlichen Untersuchungen makroskopischer und mikroskopischer Art geht es, wie die Erfahrung lehrt, häufig so, dass Neues, bisher nicht Beobachtetes, erst dann allgemein bestätigt wird, wenn die Aufmerksamkeit der Forscher beharrlich und beständig darauf hingelenkt wird. Vorausgesetzt, dass die Beobachtungen von Mark und Jijima richtig sind, müssen die Spiraldrehungen der Asten im Eikern sich selbstverständlich auf die Kernspindel fortsetzen. In der That hat Platner in Fig. 18 seiner Arbeit vom Jahre 1886 eine solche spiralige Kernspindel abgebildet. Es wäre nicht unmöglich, dass schon bei der ersten Furchung, bei welcher das befruchtete Ei in zwei Kugeln zerfällt, in der einen Spindelhälfte und Eihälfte die rechtsspiralige Windung, welche der spätern linken Körperhälfte eigen ist, in der andern Spindel- und Eihälfte hingegen linksspiralige Windung vorhanden ist, so dass wir das Drehungsgesetz bis auf die Befruchtung und erste Furchung des Eies zurück verfolgen können. Auch über diesen Punkt verschaffen uns zukünftige exakte Forschungen wahrscheinlich volle Klarheit.

Als weitere Drehungserscheinung könnte die linksspiralige Windung eines eben in der Ausstossung begriffenen Richtungskörperchens aufgefasst werden, wie sie Mark in Fig. 60 auf Tafel 3 abgebildet hat, ohne auf diese Erscheinung im Text näher einzugehen. Möglicherweise ist die schräge Stellung der Richtungskörperchen gegen die Eikernoberfläche, wie sie von

Bütschli, Blochmann und vielen Anderen abgebildet wird, ebenfalls eine Drehungserscheinung; ob das schräge Einstellen der Kernspindelaxe gegen den Radius des Kerns, wie sie von Blochmann auf S. 133 und in mehreren Figuren auf Tafel 6 dargestellt ist, auch hierher gehört, wäre wenigstens der Untersuchung wert; jedenfalls ist es Thatsache, dass die Kernspindelaxe ihre Richtung gegen den Radius dann und wann ändert, so dass Axendrehungen der Kernspindel zweifellos vorkommen.

Nachdem die Kernspindel gebildet ist, finden in dem Kern weitere eigentümliche Bewegungen statt: die bisher unregelmässig zusammen gehäuften Teile des Nucleolus ordnen sich in einer Ebene an, welche meist etwas schief gegen den durch den Kern gehenden Radius gestellt ist. Dann beginnen sie sich in die Länge zu strecken, machen die mannichfachsten spiraligen Krümmungen, indem sie sich in zwei grössere getrennte Haufen nach je einer Spindelhälfte hin gruppieren. In der in zahlreichen Arbeiten der neuesten Zeit sehr eingehend beschriebenen Weise schreiten alsdann die Veränderungen fort, bis die Bildung der beiden ersten Furchungskugeln vollendet ist.

Bei diesem Vorgange der ersten Furchung kommt wiederum eine höchst beachtenswerte Axendrehung zur Beobachtung. Auerbach sah schon im Jahre 1874 bei der Furchung des Eies von *Leptodora nigrovenosa* Rotationen der beiden ersten Furchungskugeln. Nussbaum fand dasselbe bei *Ascaris megalocephala* und nimmt eine Rotation der beiden ersten Furchungskugeln um 90° an; einzellige Protisten, wie z. B. die Vorticellinen, machen im Moment ihrer Teilung eine Axendrehung von 180° durch.

Bei den Eikernen solcher Eier, welche eine nur unvollkommene Furchung durchmachen, bleiben die spiraligen Axendrehungen ebenfalls nicht aus. Das lehrreichste Beispiel hierfür dürfte die Meduse *Eucopa* sein, deren Kernveränderungen Merejkowsky folgendermassen beschreibt. Die Teilung wird eingeleitet dadurch, dass der Kern länglich wird und in der Mitte eine Einschnürung erhält, es kommt jedoch nicht zur Zweiteilung, sondern die eingeschnürte Masse zieht sich bandartig in die Länge und dreht sich dabei spiralig um ihre Axe nach Art eines Seiles. Dann kommen neue Einschnürungen an verschiedenen Stellen hinzu, so dass das Gebilde rosenkranzähnlich wird, aber gewunden erscheint; schliesslich tritt vollständige Abschnürung einzelner Teile ein, worauf sich das genannte Spiel an den Teilstücken wiederholt.

Von den beiden ersten Furchungskugeln, die bei der gewöhnlichen totalen Furchung gebildet werden, scheint die eine die spätere rechte Körperhälfte, die andre die linke Körperhälfte zu repräsentieren. Darauf deuten wenigstens die lehrreichen Untersuchungen von Pflüger an Froscheiern hin. Die erste Furchungsrichtung ginge somit durch die Medianebene, Sagittalebene, des spätern Organismus.

Nachdem nun die zweite Furchung vollendet und im ganzen vier Furchungskugeln vorhanden sind, finden weitere, im höchsten Grade

interessante spirale Axendrehungen statt. Die von den vier genannten Kugeln sich abschnürenden folgenden vier Kugeln werden nämlich während der Abschnürung im Sinne des Uhrzeigers, wie Blochmann sich auf S. 155 ausdrückt, verschoben, wenn man die Betrachtung vom animalen Pol aus anstellt; sie kommen somit nicht senkrecht über die vier ersten, von denen sie abstammen, sondern in die zwischen denselben befindlichen Furchen zu liegen. Damit wäre zunächst ausgedrückt, dass eine Axendrehung um eine von vorn nach hinten, d. h. von der Bauch- zur Rückenfläche des Embryo gelegte, sagittale, Axe stattfindet. Hält man an der Pflüger'schen Embryoaxe fest, so kämen bei dem genannten Vorgange Kugeln oder Zellen von der linken auf die rechte und von der rechten auf die linke Seite hinüber. — Jetzt erfolgt eine weitere Bildung von vier neuen Zellen von Seiten derselben vier ersten Furchungskugeln; diese vier jungen Zellen werden jedoch nicht im Sinne des Uhrzeigers, sondern im umgekehrten Sinne verlagert und so geht es in abwechselnd rechts- und linksspiraligem Sinne mit der Verlagerung neuer junger Zellen weiter. Blochmann hat dieses merkwürdige Spiel bis zur siebenten Furchungsgeneration verfolgen können. Er gibt auf Tafel 7 in Fig. 42 u. ff. Abbildungen seiner mikroskopischen Befunde.

Da nun die neugebildeten verlagerten Zellen sämtlich dem Ektoderm zugehören, d. h. derjenigen Keimanlage, aus welcher sich das Hirn- und Rückenmark bildet, so glaube ich, dass wir es in vorliegenden Beobachtungen mit sehr wichtigen Vorgängen zu thun haben, welche mit den Kreuzungsvorgängen im Hirn- und Rückenmark in naher Beziehung stehen. Dieser Ansicht habe ich in meinem erwähnten Vortrag in der Berliner medizinischen Gesellschaft Ausdruck verliehen.

Die Beobachtungen von Blochmann fanden an dem Ei von *Neritina* statt; schon vorher hatte Fol dieselben Erscheinungen bei den Pteropoden und Heteropoden, speziell bei *Carolinia tridentata* und *Pterotrachea mutica* und *coronata*, beobachtet; Hallez sah sie im Jahre 1879 bei den Turbellarien, *Septoplanea tremellaris* und *Eurylepta auriculata*, sowie bei den Rhabdocoelen des Süßwassers; aus allerneuester Zeit, 1886, liegt endlich eine Arbeit von Hatschek über denselben Gegenstand vor, welcher die geschilderten Vorgänge bei *Eupomatus* auf das genaueste verfolgen konnte.

Beim Menschen und den höhern Tieren wird das Ueberwiegen der rechten Körperhälfte über die linke als konstantes Merkmal der Gattung beobachtet. Es ist deshalb wohl möglich, dass bei der beschriebenen Verlagerung von Zellen von rechts nach links hin etwas mehr Material, grössere Zellen oder eine grössere Zahl derselben, verlagert wird, als von links nach rechts hin. Die Folge davon wäre die, dass die linke Hirn- und Rückenmarkshälfte das Uebergewicht über die rechte Hälfte bekäme. Dieses Ueberwiegen ist seit den Untersuchungen von Broca allgemein angenommen, wenigstens soweit es sich um das Gehirn handelt, und dass es wirklich als ein konstantes Merkmal der Gattung aufgefasst werden kann,

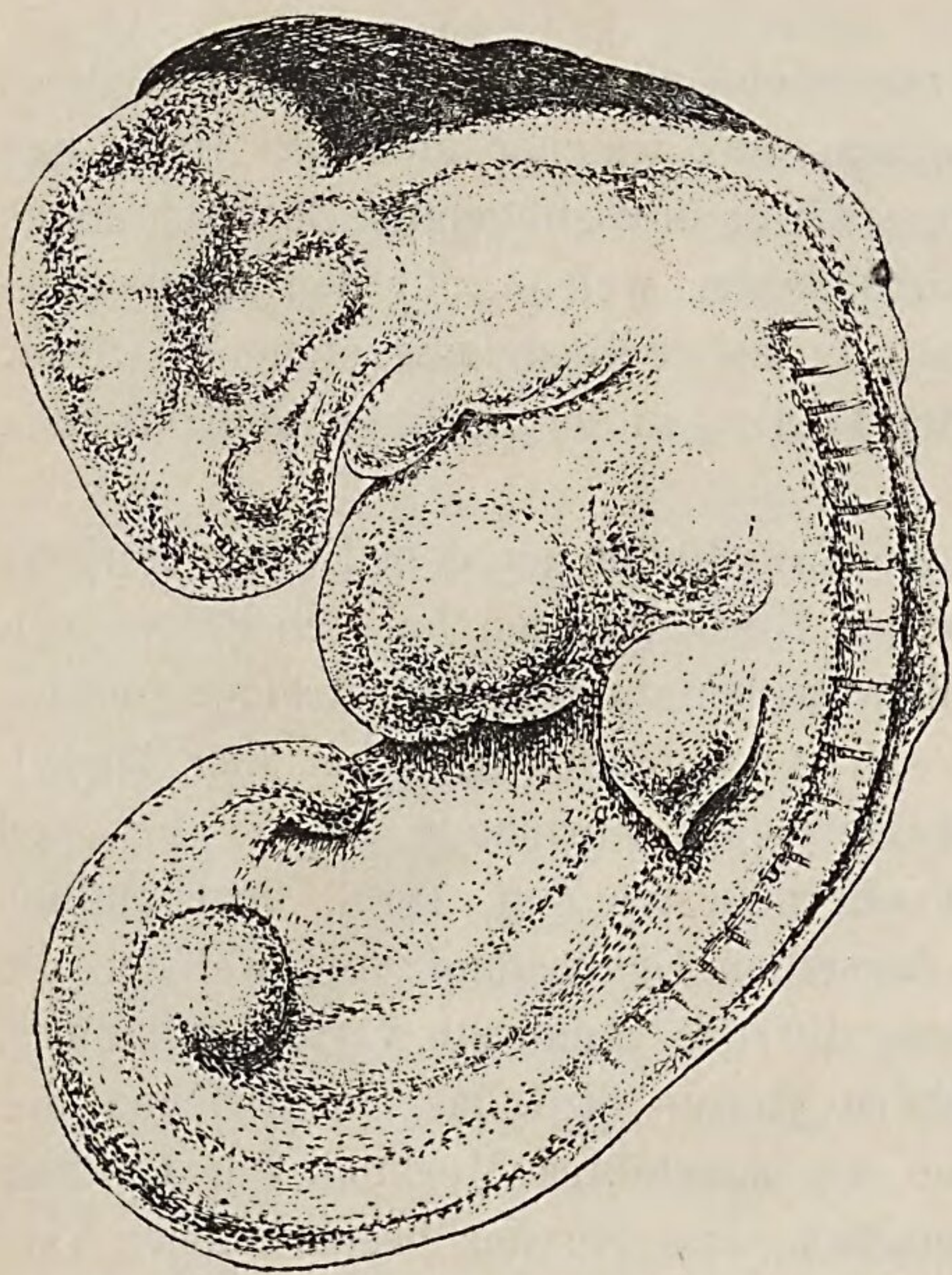
geht aus den neuesten Untersuchungen von Küchenmeister zur Genüge hervor.

Der junge Embryo bietet nun alsbald weitere Drehungserscheinungen dar. Der Hirnteil der Medullarplatte senkt sich mit seinem Vorderrande hakenförmig gegen den Dotter ein; dabei schlägt das Ektoderm vor ihm eine Falte, die als Kopfscheide über die stetig mehr sich krümmende und einsenkende Hirnplatte hinwegstreicht. Aus diesem Verhalten geht eine Drehung hervor, die man jederseits für homodrom erklären muss.

Eine weitere Drehungserscheinung ist die Einrollung des Embryo. Diese Einrollung, welche allen Embryonen zukommt, findet nicht in einer Ebene statt, etwa wie bei der Feder einer Taschenuhr, es findet vielmehr stets eine Drehung aus der Ebene heraus statt, und dadurch sind wir imstande, die jedesmalige rechts- oder linksspiralige Windungsrichtung des Embryo festzustellen.

Gleichwie nun jede Pflanze bei ihrem Wachstum eine ihr inwohnende bestimmte spiralige Drehungsrichtung hat, die nur ausnahmsweise

Fig. 24.



Menschlicher Embryo von etwa $3\frac{1}{2}$ Wochen, linksspiralig eingerollt; nach Fol.

einmal in die entgegengesetzte Richtung, die Drehungsvarietät, umschlägt, so hat der Embryo jedes Tieres seine bestimmte spiralige Einrollung. Der Embryo des Menschen und, wie es scheint, der meisten Säugetiere und Vögel rollt sich in linksspiraligem Sinne ein, mag er aus einem Ei des rechten oder des linken Eierstocks hervorgehen. In Figur 24 ist ein solches Beispiel gegeben. Die Blindschleiche rollt ihre Embryonen in Rechtsspirale ein, ebenso die Eidechse, Schlangen (*Naja*) u. a. Bei Schlangen-

embryonen beobachtete ich wiederholt eine achterförmige Einrollung, welche jedoch meist nur den Körper des Embryo betrifft; der Schwanzteil liegt hingegen meist in regelrechten Spiralwindungen, so dass sich

aus ihnen die Embryoeinrollung überhaupt ergibt. Zuweilen war auch der Schwanz mit in die Achtertourt hineingezogen, aber selbst dann konnte ich die Achtertourt in eine regelmässige Spirale auflösen. Ob die achterförmige Einrollung von vorn herein gegeben war, oder ob sie sich durch Bewegungen

des anfangs regelmässig spiralig eingerollten Embryo gebildet hatte, konnte ich nicht ermitteln. In Fig. 25 habe ich eine trächtige Blindschleiche abgebildet mit jederseits sieben [Eiern, welche sich symmetrisch in situ zu beiden Seiten der Wirbelsäule befinden. Die Embryonen in 13 von diesen Eiern sind in Rechtsspirale eingerollt, nur ein einziger, der vierte von oben mit der Bezeichnung l, rechterseits, liegt in Linksspirale.

Die Embryonen der Würmer werden ebenfalls meist in Rechtsspirale eingerollt, wenigstens bildet Claus auf S. 305 seines Werkes in Fig. 279 d den Embryo von *Oxyuris vermicularis* in Rechtsspirale ab und auch bei

Filaria, *Trichina spiralis* u. a. findet man es so; siehe Fig. 26.

Bei der Verpuppung einiger, wenn nicht aller, Schmetterlingsraupen findet ebenfalls eine spiralige Einrol-

Fig. 26.

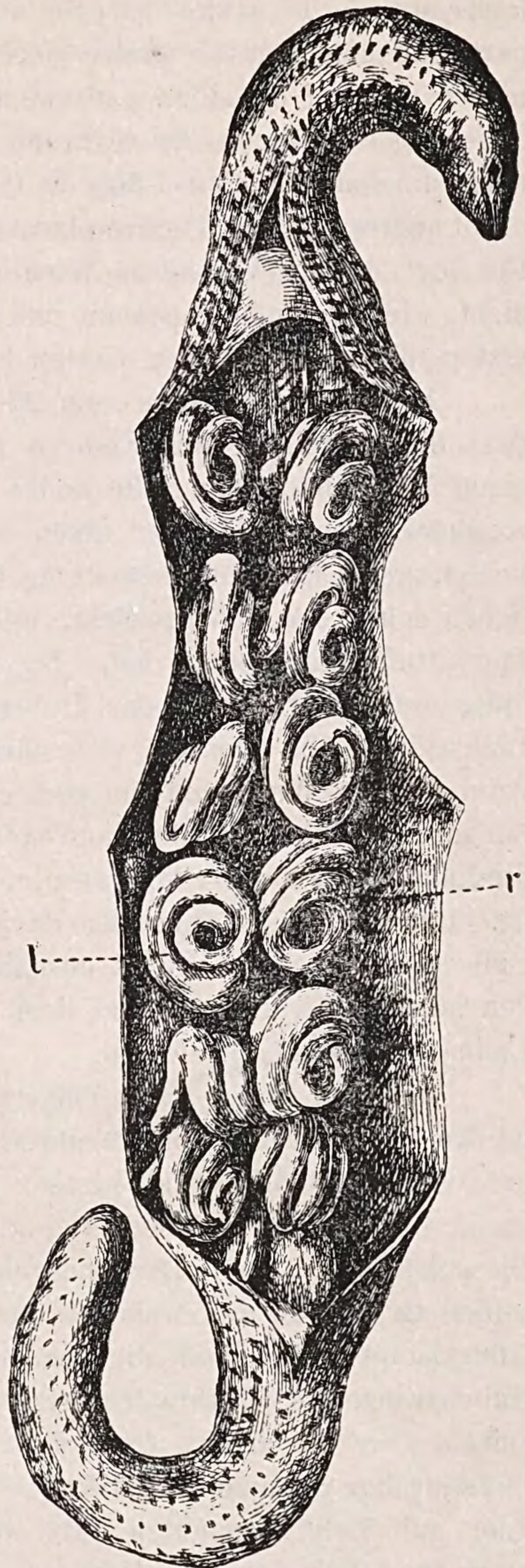


Embryo von *Oxyuris vermicularis* rechtsspiralig eingerollt.

lung statt; am interessantesten ist sie wohl bei *Psyche helix*. Die Raupen derselben tragen spiralige Säckchen mit sich herum und verpuppen sich in ihnen; wie ich aus den Zeichnungen bei Claus auf S. 522 in Fig. 482 ersehe, ist die Art der spiraligen Windung beim Männchen die Rechtsspirale, beim Weibchen die Linksspirale.

Die Kiemenspalten des Embryo haben spiralige Beschaffenheit. Fol ist wohl der Erste, welcher hierauf aufmerksam gemacht hat; er sagt darüber auf S. 189 seines Werkes: „Les quatre poches entodermiques ont une forme recourbée plus difficile à décrire qu'à saisir lorsqu'on voit une reconstruction plastique de cette

Fig. 25.



Blindschleiche mit 13 rechtsspiraligen und einem linksspiraligen Embryo; aus der vergleichend anat. Sammlung.

région. Que l'on se représente un sillon longitudinal, formant les bords latéraux de la cavité buccale déprimée et de ce sillon, que l'on fasse partir du côté ventral quatre poches aplaties dont le bord interne commence au fond du sillon par une fente longitudinale, puis se contourne en hélice de telle façon que le grand diamètre du fond de la poche soit placé transversalement, c'est-à-dire à l'angle droit de celui de l'entrée. On dirait quatre palettes d'hélice placées parallèlement l'une à la suite de l'autre.“ Fol legt diesem Verhältnis Wichtigkeit bei; denn ohne es begreife man nicht, wie die Tuba Eustachii und die Thymus entstehen, die eine in der ersten, die andere in der vierten Spalte.

In meinem Vortrage vom 26. Januar 1887 stellte ich die Ansicht auf, dass die Einrollung des Embryo mit dem überwiegenden Wachstum der einen Körperhälfte über die andre in naher Beziehung stehe. Schon von vornherein muss wohl der einen oder andern Hälfte des Eies resp. den beiden ersten Furchungskugeln ein Uebergewicht über die andre Hälfte verliehen sein; ein Uebergewicht, welches sich als konstantes Merkmal der Tiergattung ausgeprägt hat. Da wo die rechte Körperhälfte mit ihrer linksspiraligen Drehung das Uebergewicht hat, rollt sich der Embryo in Linksspirale ein (Mensch, viele Säugetiere und Vögel); dadurch bleibt auch beim weitem Wachstum die rechte Körperhälfte die freiere, entwicklungsfähigere, sie liegt auf der konvexen Seite der eingerollten Spirale, während die linke Hälfte auf der konkaven, mehr gedrückten Seite der Spirale gelagert ist. Hat die linke Körperhälfte das Uebergewicht, wie bei der Blindschleiche, Eidechse u. a., oder wie es ausnahmsweise als Drehungsvarietät auch bei den höhern Wirbeltieren und dem Menschen vorkommt, so rollt sich der Embryo in Rechtsspirale ein.

Bei dem linksspiralig eingerollten Embryo des Menschen haben wir infolge des Uebergewichts rechterseits dort das etwas grössere Gesicht, die grössere Brusthälfte und Lunge, den stärkern und grössern Arm, das stärkere Bein, die grössere Leber, die etwas grössere Gebärmutter- und Blasenhälfte u. s. w.; Drehungsgebiete in der Mittellinie haben aus demselben Grunde in der Mehrzahl der Fälle die Linksspirale, wie z. B. der Hinterhauptswirbel und die medianen Haarwirbel überhaupt, ferner der Nabelstrang, die Urethra (Urinstrahl); ja der Dickdarm legt sich in Linksspirale über die andern Gedärme hin; der Gefässschlauch bekommt eine linksspiralige Spannungselastizität, so dass sich seine beiden Schenkel nach dem auf S. 33 genannten Satz aus der Mechanik in Rechtsspirale umeinanderwickeln, um das Herz zu repräsentieren u. s. w.

Es ist einleuchtend, dass bei der Entwicklungsvarietät mit dem Uebergewicht der linken Seite eine rechtsspiralige Einrollung des Embryo eintreten, und dass alle obengenannten Vorzüge der rechten Seite sich nunmehr linkerseits geltend machen werden — wir erhalten mit einem Wort das Spiegelbild der Norm, d. h. den Situs viscerum transversus.

Befindet sich nicht eine ganze Körperhälfte, sondern nur ein Teil von ihr in der Oberhand, so entsteht der Situs viscerum transversus dimidius, partialis u. s. w. Es ist leicht erklärlich, wie es vorkommen kann, dass der Situs transversus sich nur an einem Teile des Körpers, dem Herzen, oder der Lunge, oder dem Dickdarm, oder dem Nabelstrang u. s. w. vorfindet, während im übrigen alle Verhältnisse normal sind.



Kapitel VII.

G e f ä s s s y s t e m.

(S. 75—77 des Drehungsgesetzes.)

Ich habe nicht die Absicht, in diesem Kapitel eine ins einzelne gehende Schilderung des Faserverlaufs der Herzmuskulatur zu geben, diese Schilderung findet man ja sehr ausführlich in den Werken über Anatomie; nur in so weit muss ich auf den Faserverlauf zu sprechen kommen, als er die spiralige Anlage und die spiralige Funktion des Herzens betrifft.

Das Herz der Säugetiere und Vögel ist in seinem ganzen Bau im wesentlichen übereinstimmend. Wir finden auf der Oberfläche eine dünne Lage von Muskelfasern, welche über beide Ventrikel hinwegzieht; erst unter ihr kommt die eigentliche, jedem Ventrikel eigene, Muskelschicht zum Vorschein. Diese ist am linken Herzen linksspiralig beschaffen. Trägt man diese mächtige Schicht von aussen nach innen ab, was am leichtesten am gekochten Herzen geschieht, so kann man sich davon überzeugen, dass die Fasern alle im linksspiraligen Sinne eine Richtung von links oben nach rechts unten einschlagen; in derselben Richtung wirbeln sie auch der Herzspitze zu, so dass der Vortex cordis linksspiralig gewunden ist. Kommt man nun schichtenweise vordringend allmählich in die tieferen Lagen hinein, so wird der Verlauf der Fasern immer mehr quer und schliesslich finden wir eine innerste Lage von Muskulatur vor, deren Faserverlauf den Ventrikel von rechts oben nach links unten umkreist, also in rechtsspiraligem Sinne. Dieselbe Faserrichtung findet sich auf der innern Ventrikeloberfläche und an den Papillarmuskeln vor. Die genannte rechtsspiralige Ventrikelschicht wirbelt mit ihren Fasern gleichfalls in den Vortex cordis hinein und letzterer erhält dadurch eine etwas kompliziertere Anordnung, indem er in seinen innersten, der Ventrikelhöhle naheliegenden Schichten Rechtsspirale, in der mächtigen, mehr äussern Schicht Linksspirale besitzt.

Entwicklungsgeschichtlich rührt, glaube ich, dieses eigentümliche Faserverhältnis daher, dass die innersten Lagen des linksspiralig angelegten linken Ventrikels bei dem rechtsspiraligen Umeinanderwickeln der beiden Herzen in die Antidrome hineingezogen werden.

Das rechte Herz ist rechtsspiralig angelegt, auch an seiner Spitze streben die Fasern der Bildung eines Wirbels zu, welcher sich jedoch in der Regel nicht vollkommen ausbildet. Die innerste Schicht des rechten Ventrikels ist selbstverständlich rechtsspiralig wie diejenige des linken; denn hier liegt für eine Umkehr zur Antidrome keine Veranlassung vor.

Das linke Herzohr ist linksspiralig, das rechte rechtsspiralig gebildet; von dieser Thatsache kann man sich an dem Verlauf der Trabekeln auf ihrer Innenfläche überzeugen.

Fig. 27.



Ausgüsse der Herzkammern eines Hirsches. Rechts die linke Kammer, sie zeigt die konische und gewundene Beschaffenheit, spiralige Eindrücke von den Musculi papillares, sowie spiralige Wulste, die zwischen den Musculi papillares vorragen; links ein Teil der rechten Kammer.

Der spiralige Verlauf der Herzmuskulatur ist längst bekannt. Meinen Angaben aus der Litteratur auf S. 75 des Drehungsgesetzes füge ich hinzu, dass man in dem Lehrbuch der Anatomie von Weber-Hildebrandt von 1830 die Litteratur zusammengestellt findet. — Pettigrew 1864 und 1875 hat die Muskulatur des Herzens ebenfalls genauer studiert; auf S. 22 seines Werkes von 1875 bildet er in Fig. 8 den Ausguss der Herzkammern eines Hirsches ab, um an den stark spiralig gewundenen Ausgüssen den Nachweis zu führen, dass auch die Ventrikelwände spiralige Beschaffenheit besitzen. Die Abbildungen, siehe Fig. 27, zeigen ganz natürlich die hochgradige rechtsspiralige Beschaffenheit.

Auch Bögle sagt auf S. 98 seines Werkes, dass die Herzkammern mit den ihnen zugehörigen grossen Gefässen spiralig gewundene Schläuche bilden, deren Form und Grösse unter dem Einfluss ebenso gewundener Muskelsysteme stehen. Der linke Ventrikel mache von der Herzspitze aus eine schraubenförmige Windung nach rechts in die Aorta hinein sich fortsetzend... Der Mechanismus des Herzens wird als ein beständiges Auf- und Zuschrauben abwechselnd zwischen den Höfen und Vorhöfen geschildert, auch nehmen selbst die Klappen und Klappenzipfel Teil daran.

Am gekochten Herzen ist es sehr leicht, die geschilderten Verhältnisse näher zu untersuchen, weil der Verlauf der Muskelbündel viel deutlicher wird, und letztere sich zwiebelartig abschälen lassen. Das gekochte Herz zeigt nun ferner seiner äussern Form nach rechtsspiralige Beschaffenheit noch viel deutlicher als das frische, namentlich gilt dies von dem Herzen der Vögel. Durch das Kochen wird das Herzfleisch tetanusartig fest zusammengezogen, alle Durchmesser des Herzens werden verkürzt, die Ventrikelhöhle auf ein Minimum verkleinert, das Herz kommt seiner Form nach dem lebendigen, systolisch kontrahierten Herzen am nächsten. Aus diesem Grunde glaube ich auch annehmen zu müssen, dass bei der Systole das rechtsspiralige Umeinandergewundensein beider Ventrikel sich etwas hochgradiger gestaltet, als im Zustande der Diastole. Daraus folgt nun

mit Notwendigkeit ein Nachvorngeendetwerden der Herzspitze bei der Systole, wie es im Jahre 1879 von Filehne und Penzoldt thatsächlich nachgewiesen worden ist; sie sagen auf S. 465 ihres Aufsatzes, dass die Herzspitze ihrer Versuchstiere sich bei der Systole nach rechts und zugleich nach oben hinüberwendet. Die Wendung nach rechts ist gleichbedeutend mit einer Vermehrung der rechtsspiraligen Torsion des Herzens, das Nachobenrücken wird bedingt durch die Verkürzung sämtlicher Herzdurchmesser bei der Systole. Auch Hesse meint, die rechtsspiralige Beschaffenheit sei während der Systole bei weitem ausgesprochener, als bei der Diastole. Klug, welcher nicht wie Filehne und Penzoldt am Säugetier, sondern am Froschherzen untersuchte, fand natürlich das Nachobenrücken der Herzspitze in der Systole wie beim Säugetier, dagegen rückt die Herzspitze nicht nach rechts, sondern etwas nach links; dies kommt daher, weil dem einkammerigen Froschherzen die rechtsspiralige Torsion überhaupt fehlt.

Es ist einleuchtend, eine wie hohe Bedeutung die genannten Herzbewegungen für die Erklärung des Spitzenstosses haben und wir finden deshalb unsere alten Vorfahren schon mit diesen Problemen beschäftigt. Die Drehung des Herzens um seine Längsaxe ist, wie ich bei Friedreich finde, schon Harvey und Haller bekannt gewesen; in neuerer Zeit hat sie Kürschner als Rotationsbewegungen beschrieben. Bei der Systole sagt Friedreich, finde eine Drehung von links nach rechts statt. Obwohl diese Bezeichnung absolut unklar ist, so glaube ich, dass man damit ausdrücken wollte, es finde bei der Systole eine linksspiralige Drehung statt, d. h. die rechtsspiralige Torsion schraube sich ein wenig zurück. Wäre dies richtig, so könnten wir zwischen der fünften und sechsten Rippe überhaupt keinen Spitzenstoss erhalten und das Anklopfen des Herzens an die Brustwand müsste mittels der vordern Ventrikelwand stattfinden, eine Ansicht, die zwar auch aufgestellt, aber absolut irrig ist.

Dass wir in krankhaften Zuständen, wie bei Empyem, hochgradigem Ascites, Tympanites u. dergl., abnorme Torsionen des Herzens und der grossen Gefässstämme, bald erhöhte, bald verringerte erhalten können, dass infolge solcher Torsionen Beeinträchtigungen der Herzbewegungen und des Blutumlaufs entstehen können, bedarf kaum der Erwähnung; es ist jedoch hier nicht der Ort, auf diese Verhältnisse näher einzugehen.

Das Herz der Amphibien und Fische bietet der Untersuchung des Muskelfaserverlaufs viel grössere Schwierigkeiten als das Herz der Säugetiere und Vögel. Die Muskelfasern sind nämlich bei ihm so enorm in- und durcheinander verfilzt, dass eine Analyse ihres Verlaufes fast unmöglich ist. Dass jedoch dem Mechanismus und der Blutbewegung im Herzen ein spiraliger Charakter zukommt, bezeugt für das Amphibienherz unter anderm die Spiralklappe, welche wir in demselben vorfinden.

In hohem Grade interessant ist die eigentümliche spiralige Schleifenbildung, welche das sogenannte Hohlvenenherz des *Amphioxus lanceolatus*

in der hintern Körpergegend an der Basis des Blinddarmes bildet. Aus der Zeichnung bei Nuhn, S. 185 seines Werkes, konnte ich nicht ersehen, ob hier ein rechts- oder linksspiraliges Umeinanderwinden der beiden Schenkel des Gefässschlauchs stattfindet, welches uns sofort in den Stand setzen würde, die rechts- oder linksspiralige Entwicklung dieses Hohlvenenherzens zu bestimmen.

Eine ähnliche Schleifenbildung bilateral symmetrischer Art findet sich am Gefässsystem niederer Tiere, so z. B. bei *Octopus vulgaris*; die beiden Venen nämlich, welche, je eine jederseits, das venöse Blut von dem median gelegenen grossen Körpersinus zur Vena cava hinführen, bilden jede für sich eine zierliche Spiralschleife, welche nach der von Nuhn S. 208 gegebenen Zeichnung rechterseits rechtsspiralig, linkerseits linksspiralig gewunden ist. Wie mir scheint, haben wir hier homodrome Anlage mit dem Spannungsausgleich in antidromem Sinne.

Als einen weitem Beweis homodromen Wachstums der Gefässe bei *Octopus vulgaris* betrachte ich die schöne linksspiralige Windung, welche die rechtsgelegene Aorta mit dem langen schlauchförmigen rechten Vorhof bildet.

Die mannichfachen Spiralerscheinungen an den peripherischen Gefässen habe ich in dem Drehungsgesetz beschrieben. Hier möchte ich noch auf eine interessante Erscheinung aufmerksam machen, welche bei der Pachymeningitis chronica haemorrhagica zur Beobachtung kommt und welche eine Drehungserscheinung sein dürfte. In dem Exsudat auf der Innenfläche der Dura mater sieht man bei obiger Krankheit von den kleinsten Gefässen gebildete sternförmige Figuren, welche den Gefässwirbeln der Venae vorticosae vergleichbar sind.

An den meisten Blutgefässdrüsen, den eigentlichen Lymphdrüsen, sind, ihrer äussern Form nach, Drehungserscheinungen nicht zu erkennen; dagegen gibt es eine foetale Bildung bilateral symmetrischer Art, welche zu den Lymphdrüsen zu rechnen ist und welche die homodrome Drehung ihrer beiden Hälften auf das prachtvollste zeigt, es ist die Rachentonsille.



Kapitel VIII.

S i n n e s - O r g a n e.

(Zu S. 77—84 des Drehungsgesetzes.)

Dem im Drehungsgesetz Gesagten habe ich nur wenige Bemerkungen hinzuzufügen.

A. Auge. Das Auge der Vögel trägt auf der Innenfläche der Chorioidea ein die Netzhaut nach innen durchsetzendes, schräg durch den Glaskörper nach der Linse sich hinziehendes Gebilde, das sogenannte Pecten, welches sehr gefässreich ist; es besitzt eine leichte spiralige Windung, und zwar meinen bisherigen Untersuchungen zufolge eine antidrome. In dem Auge der Fische und Amphibien kommt ein analoges Gebilde, der sogenannte Processus falciformis vor; er führt Gefässe und Nerven und ist von einer Scheide der Chorioidea umgeben; auch der Processus falciformis hat in seinem Verlauf durch den Glaskörper hindurch gewundene Beschaffenheit von seinem Ursprung bis zu seinem Ende hin, wo er, an der hintern Linsenfläche angelangt, durch Einlagerung von glatten Muskelfasern zu der sogenannten Campanula Halleri anschwillt.

Gehen wir zu den Augen der Wirbellosen über, so dürfte dasjenige der Arthropoden den spiraligen Bau am klarsten zu erkennen geben. Man betrachte nur das Facettenauge einer Libelle. Die Nervenstäbe der Retina sind sämtlich in langgestreckter Spirale gewunden, die Kreuzung der Retinafasern findet in lauter Spiralen statt u. s. w. — Das Punktauge der Käferlarven zeigt gewundene Retinazellen, gewundene kutikulare Stäbchen und gewundene Hypodermiszellen, welche unter der Cornea liegen und von den Autoren als Glaskörper bezeichnet werden. — An den Augenstielen der Krustaceen lässt sich jederseits die homodrom spiralige Windung mit Leichtigkeit nachweisen.

B. Ohr. Die niedersten Tiere, bei welchen Gehörorgane nachgewiesen sind, sind die Scheibenquallen. Wir finden dort Hörzellen und Hörhaare vor, welche die Schallempfindung vom Gehörbläschen, mit oder ohne Otolithen darin auf den Gehörnerven übertragen. Die Hörzellen und Hörhaare zeigen gewundene Beschaffenheit. Bei den Trachymedusen tritt auch der Nerv in einer grossen Spirale an das Hörbläschen heran, so z. B. bei

Gergonia. — Weiterhin finden wir Gehörorgane bei den Crustaceen vor, sie liegen dort meist im Basalgliede der innern Antennen, welche, wie alle Antennen, homodrom spiraligen Bau besitzen; es kann somit über die spiralige Bildung auch des Gehörorgans kein Zweifel sein. Bei andern Arthropoden, z. B. den Laubheuschrecken, liegt das Gehörorgan in dem Schienbein des homodrom gedrehten Vorderfusses. Der percipierende Apparat liegt in einer Aushöhlung eines blasig erweiterten Tracheenstammes, dessen spiralige Anlage allgemein bekannt ist; man wird somit dem percipierenden Apparate wohl ebenfalls spiralige Anlage zuerkennen müssen. Die sämtlichen Endbläschen, in denen die Gehörstäbchen liegen, sind deutlich gewunden. — Ähnlich verhält es sich bei den Mollusken. Hier finden wir z. B. bei den Heteropoden, Pterotrachea, die spiralige Anlage des Gehörorgans deutlich ausgegrägt. Die Hörzellen samt ihren Hörhaaren, ferner aber auch die Wimperzellen mit ihren Wimperhaaren im Innern der Gehörblase, sind sämtlich gewunden.

Die gleiche Betrachtung könnte man auf das Riechorgan niederer Tiere ausdehnen, dessen spiraliger Bau bei den Tieren nicht erst bewiesen zu werden braucht, welche, wie viele Krustaceen, das Riechorgan auf den homodrom gedrehten Fühlern tragen.



Kapitel IX.

Haut.

(Zu S. 85—99 des Drehungsgesetzes.)

Die zahlreichen Drehungserscheinungen an der äussern Haut sind in dem Drehungsgesetz eingehend beschrieben und zum Teil durch Abbildungen erläutert. Seither habe ich eine ganze Reihe weiterer, bisher nicht beobachteter, Merkmale und auch einige litterarische Angaben gefunden, welche ich im folgenden kurz zusammenstelle.

Winslow hat auf S. 263 seines Werkes bereits die spiralige Stellung der Hautpapillen an gewissen Körperstellen beschrieben. Die Papillen bilden nach seiner Darstellung an der Hohlhand, der Fusssohle, den Fingern u. s. w. grade, krumme, wellenförmige, spiralige und andere Linien. — Von Herrn Blaschko in Berlin wurde ich auf ganz feine spiralständige, sekundäre Leistchen aufmerksam gemacht, welche man an den einzelnen Cutisleistchen auf deren Oberfläche wahrnehmen kann. — Die kleinern und grössern Drehungsgebiete, welche sich durch die Haarstellung u. a. in der Epidermoidalbekleidung kenntlich machen, deuten auf gleiche oder ähnliche Drehungsbezirke auch der eigentlichen Cutis hin. An einzelnen Stellen der letztern sieht man in der That die bindegewebigen und muskulären Züge der Haut in förmlichen Wirbeln angeordnet. Hierher gehört unter anderm der prachtvolle Hautwirbel, welchen die Gewebsteile der Cutis vorn auf dem Brustbein in der Gegend des Ansatzes des schwertförmigen Fortsatzes bilden; wir haben dort einen wirklichen, zu den medianen gehörigen, Wirbel vor uns. — Ich glaube nicht zu irren, wenn ich die kreisförmige oder gyrusförmige Art und Weise, in welcher die Haut bei ulcerösen Prozessen zerstört wird, mit einer bald geradezu wirbelförmigen, bald mehr oder weniger spiraligen Anordnung der Haut in Verbindung bringe. Die Zerstörung der Haut durch Syphilis, Lupus (serpiginosus), Tuberkulose, Skrophulose u. s. w. tritt nicht selten in Wirbelstellung oder in spiraligen Begrenzungslinien auf. Greifen diese Prozesse in der Tiefe auf den Knochen über, so tritt an dem sich gleichzeitig neubildenden Knochen die Wirbelform offenkundig zutage, wie ich dies in Fig. 11 auf S. 25 des Drehungsgesetzes abgebildet habe. Die genannten Ernährungsstörungen ergreifen

mit Vorliebe solche Stellen der Knochen und der äussern Bedeckung, welche antidrome Drehung besitzen, so an der Innenfläche des Unterschenkels (Tibiaantidrome), dem Schlüsselbein, Stirnbein (Glabellaantidrome), Brustbein, ferner an den Nasenmuscheln und dem Dach der Mundhöhle. Auch das häufige Auftreten bösartiger Geschwülste, Karzinome, und der Syphilis an den Ostien des Körpers, wo die Wachstumsspirale umsetzt, ist charakteristisch; ausser Mund-, Nasen-, After-, Geschlechtsöffnung und den Lidrändern nenne ich die Augenhöhle, an deren innerm Winkel die Einstülpung und Antidrome des Thränenkanals liegt; grade dort tritt Karzinom und Syphilis mit Vorliebe auf.

An der Epidermis hat in neuester Zeit, 1885, Bizzozero eine interessante neue Beobachtung gemacht; er fand nämlich, dass den Epidermiszellen eine ganz feine spiraloge Streifung auf ihrer Oberfläche zukommt, eine Thatsache, welche dem Satze, dass spiraloge Axendrehung eine Funktion der Zelle sei, eine Stütze verleiht.

Die sogenannte Hypodermis niederer Tiere zeigt spiraloges Wachstum in den spiralogen Nesselkapseln und Nesselzellen der Coelenteraten, Bildungen, welchen wir auch in der Hypodermis mancher Würmer begegnen.

Den in S. 87-97 des Drehungsgesetzes geschilderten Spiralerscheinungen an Haaren füge ich eine interessante Beobachtung hinzu, welche Räuber im Jahre 1884 an einem Epileptiker gemacht hat. Letzterer, welcher ausserdem hochgradige nervös-hysterische Erscheinungen hatte, bekam zeitweise Anfälle, in welchen sich das sonst glatte, glänzende Haupthaar aufrichtete, kräuselte, glanzlos und brüchig wurde und ferner seine Farbe änderte. Die spiralogen Kräuselungen sowie alle andern Erscheinungen kamen ganz allmählich schleichend, steigerten sich im Verlauf von 4—12 Tagen und nahmen dann ganz allmählich wieder ab.

Fig. 28.



Haar von *Senecio elegans*; Schleimfaden, nach Befeuchtung des Haares aus demselben hervorgeschossen; nach Klebs.

Ferner verweise ich auf eine kurze, hierher gehörige Arbeit von Bonnet, 1885, über Haarspirale und Haarspindeln. — Der spiraloge Bau mancher Pflanzenhaare ist schon früher berührt. Klebs hat hierüber im Jahre 1885 interessante Mitteilungen gemacht. Er spricht auf S. 581 seiner Arbeit von den Haaren von *Senecio vulgaris*, *elegans*, *Doria* u. a., deren Membran aus drei Schichten besteht, einer äussern dünnen festen, einer mittlern dicken, stark lichtbrechenden und einer innern spiralog gestreiften; siehe Fig. 28, wo die innere Membran abgebildet ist. Diese tritt nach Befeuchtung als ein wurmförmig lebhaft sich schlängelnder Faden heraus, welcher schraubig gedreht ist und dabei noch eng spiralog gestreift erscheint. Weiterhin beschreibt er die Haare der Frucht von *Cuphea petiolata*. Das Innere des Haares ist erfüllt von einem vielfach ge-

Fig. 29.

Haar von *Cuphea*
petiolata; nach Klebs.

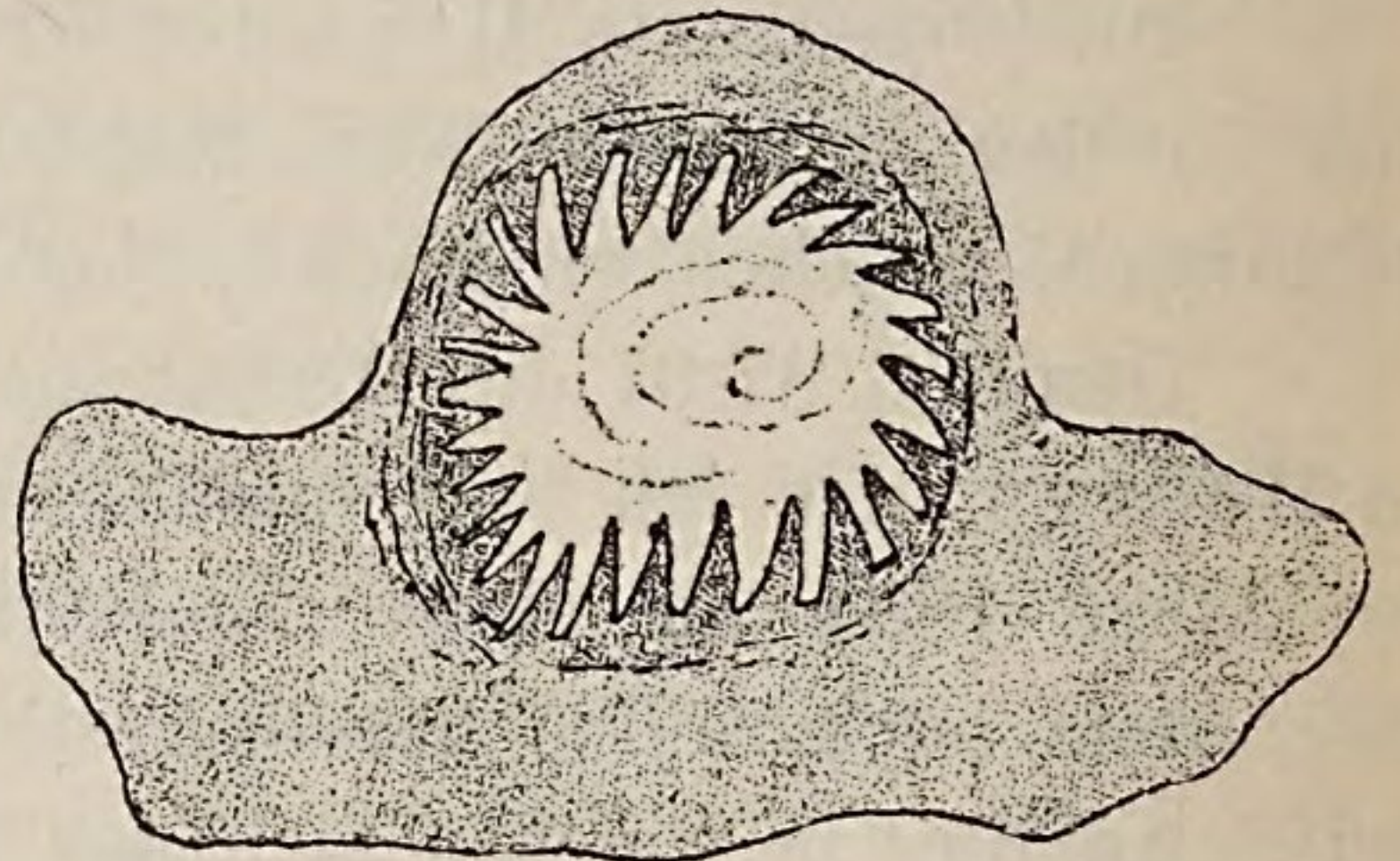
wundenen, überall gleich dicken Faden. Beim Befeuchten mit Wasser stülpt sich letzterer hervor, und man bemerkt, dass der hervorgestülpte Teil nichts anderes ist, als das in seinen eigenen Schaft gestülpte Ende des Haares selbst; siehe Fig. 29. — Auf der Oberfläche der Samen von *Cobaea scandens* bilden sich ebenfalls Haarzellen, deren Wand deutlich spiralig erscheint; der Spiralfaden liegt der sehr feinen Zellwand innen als Verdickungsschicht an.

Die Nägel pflegen die spiralige Beschaffenheit in der Regel am deutlichsten zu zeigen, wenn sie abnorm hornartig verlängert sind. Dass jedoch der Nagelanlage des Embryo ein spiraliger Bau innewohnt, möge man aus Figur 30 ersehn, welche einer interessanten Arbeit von Retterer entnommen ist.

Die Federn der Vögel sind sämtlich spiralig gewunden, sowohl ihrer äussern

Form, als ihrer innern Bildung nach. Erst in neuester

Fig. 30.

Nagelanlage des Meerschweinchens; nach
Retterer.

Zeit hat Samuel die spiralige Umwindung des Federschaftes durch die Federstrahlen innerhalb der Pulpa des Haares beschrieben; erst nach und nach entfalten sich die Strahlen beim weiteren Wachstum des Haares.

Betrachtet man einen Vogelflügel im zusammengelegten, nicht entfalteten Zustande, so wird man finden, dass derselbe, als Ganzes betrachtet, seiner äussern Form nach in hohem Grade homodrom gewunden ist. Die Gelenke der Flügelknochen, besonders des Ellenbogengelenks, befinden sich dabei im höchsten Grade der Beugstellung, in welcher sich die früher S. 9 erwähnte Schlussrotation im Sinne einer homodromen Torsion der Vorderarmknochen um ihre Längsaxe geltend macht; diese homodrome Torsion, welche sich übrigens am Handgelenk ebenfalls deutlich nachweisen lässt, trägt wesentlich zu dem hochgradigen torquierten Aeussern des Vogelflügels bei. Wird der Flügel entfaltet, so schraubt sich die Schlussrotation im umgekehrten Sinne auf und kann sogar nach der Beschaffenheit des Ellenbogengelenks im äussersten Zustande von dessen Streckstellung antidrom werden. In letzterer Position, der äussersten Streckstellung, wirkt der Vogelflügel nach den Gesetzen der Flugbewegung hemmend auf die Vorwärtsbewegung des Vogels ein. In der That hält der Vogel beim angestregten Vorwärtsfliegen die Flügel mehr in einer Mittelstellung zwischen Beugung

und Streckung, während er beim Einhalten den Flügeln das äusserste Maas von Streckung gibt. Die Folge davon ist ein starker Gegendruck der Luft gegen die Flügel, und da diese sich am vordern Teile des Körpers befinden, so wird der Vorderkörper des Vogels am meisten zurückgehalten; der Vogel würde burzelbaumartig nach hinten umschlagen, wenn er als Gegendruck nicht gleichzeitig seine Schwanzfedern entfalten würde. Taubenarten, Täumler, Pfauenschwänzchen u. a., bewerkstelligen dieses Umschlagen nach hinten im Fluge dadurch, dass sie die Schwanzfedern möglichst nach hinten gegen den Rücken anlehnen, wodurch die hemmende Wirkung der Schwanzfedern fortfällt.

Die Flügel der Insekten verhalten sich im allgemeinen wie die Flügel der Vögel, sie sind sämtlich spiralig angelegt und bei der Entwicklung spiralig eingerollt. Ihre Hauptrippe ist homodrom gewunden, die Nebenrippen nicht selten teilweise antidrom. Der Insektenflügel macht schraubenartige Bewegungen wie der Vogelflügel. Im höchsten Grade der Entfaltung scheint auch ihm eine leicht antidrome Form zuzukommen.

Die Stacheln der Haut des Igels, Igelfischs, Stachelschweins, Seeigels u. a. sind den Vogelfedern analoge Gebilde, auch sie zeigen stets Wachstumsdrehung. Die homodrome Windung und Stellung derselben kann man in prachtvoller Weise bei den bilateral-symmetrischen Formen der Seeigel nachweisen.

Die Tastorgane der äussern Bedeckung mancher niederen Tiere, die Antennen der Gliedertiere, besonders der Insekten und Krustaceen, die Antennenbüschel einiger Würmer, z. B. *Spirographis Spallanzanii*, die Tentakeln vieler Acineten, welche im Zustande der Verkürzung schraubig gewunden sind, die Antennen der Dekapoden, *Pagurus*, und viele andere besitzen sämtlich spiralige Anlage; in den meisten Fällen ist es auf den ersten Blick möglich, die homodrome Windung dieser Gebilde bei bilateral symmetrischem Typus des Tieres herauszufinden.

Die Drüsen der Haut haben sämtlich spiraligen Bau. Am auffallendsten sieht man dies an den korkzieherförmigen Epidermisspalten, durch welche das Sekret der Schweissdrüsen an die äussere Oberfläche befördert wird. Verfolgt man den Schweissdrüsengang in die Tiefe hinein, so lässt sich auch in dem innerhalb der Cutis gelegenen Teil desselben die Spiralstellung der Epithelien nachweisen. — Manche besondere drüsige Organe der äussern Bedeckung haben eine auffallend spiralige Windung, und da wo diese Organe paarig symmetrisch liegen, tritt alsdann ihre homodrome Windung deutlich hervor. Hierher gehören die Castorsäcke des Bibers, die sogenannten Oelsäcke (Damm- oder Analdrüsen) desselben Tieres, die Schenkeldrüse des Schnabeltieres samt ihrem Ausführungsgang im Sporn, die Hufdrüse des Schafes, die Bürzeldrüse der Vögel, Gans, die Giftdrüse der Biene und anderer Insekten, die Spinndrüsen der Spinnen und viele andere.

Schliesslich haben wir noch höchst interessante Gebilde zu erwähnen, welche von der äussern Bedeckung gebildet werden und gleichsam als

Sekrete derselben aufzufassen sind; es sind die Schalen und Gehäuse der Mollusken. Uns interessieren begreiflicherweise diejenigen Formen vorzüglich, deren Schalen bilateral symmetrisch angeordnet sind. Man kann letztere in zwei Hauptgruppen teilen, nämlich:

1) solche, welche in zwei spiegelbildähnliche Hälften zerfallen, von denen die eine Hälfte die rechte Seite des Tieres, die andere die linke Seite desselben bedeckt. An diesen Schalen beobachtet man nicht selten die prachtvollste Spiraldrehung, welche die Spirale der äussern Bedeckung des Tieres abgussartig wiedergibt. Hier pflegen wir nun die homodrome Windung beider Hälften wiederzufinden, so dass die rechte Schale links-spiralig, die linke rechtsspiralig gewunden ist. Als Beispiele nenne ich *Arca granulosa* und *Pinna rotunda*;

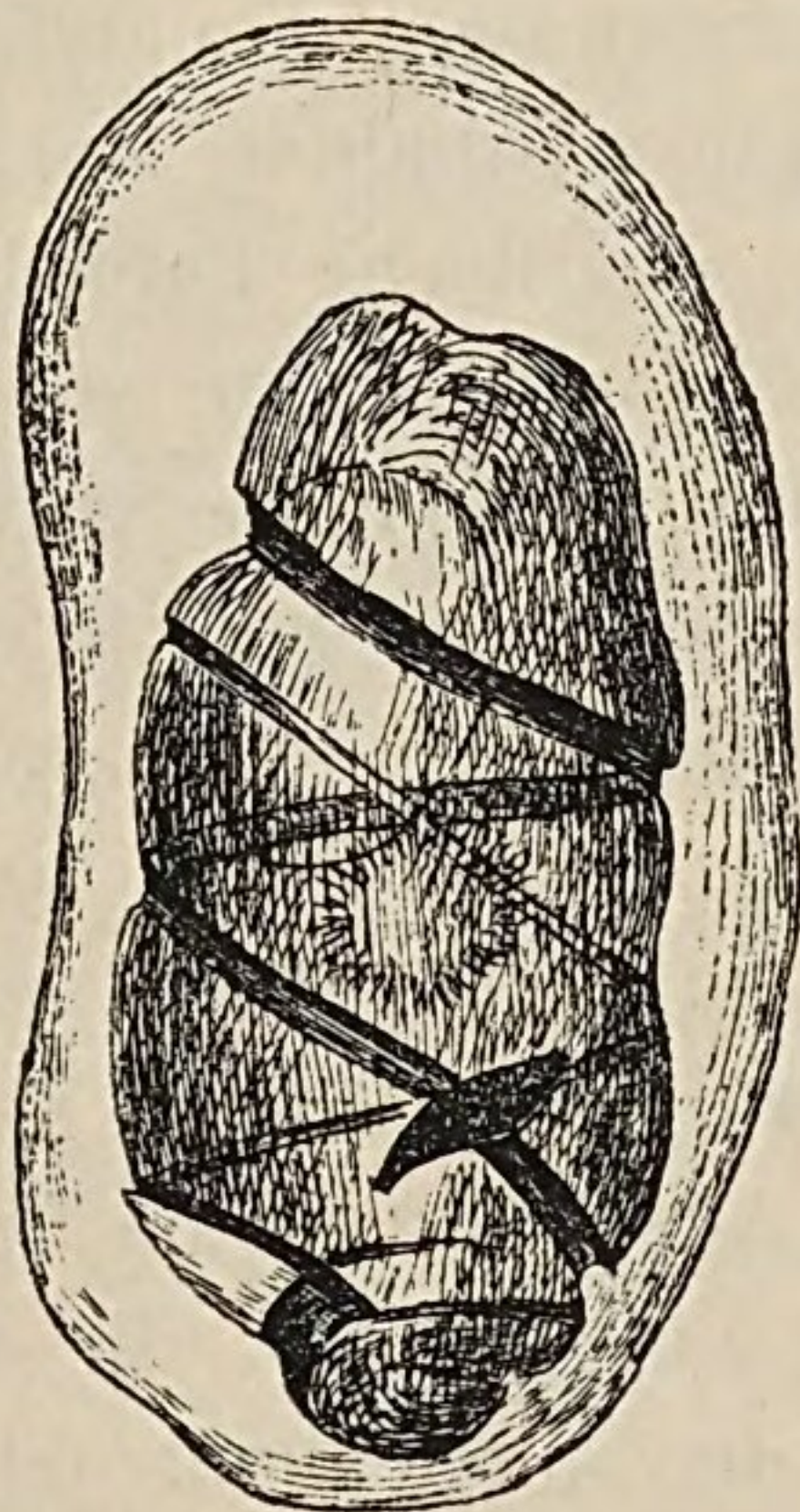
2) solche, welche aus einem Rücken- und einem Bauchteil bestehen, derart, dass der Rückenteil die rechte und linke Körperhälfte des Tieres bedeckt. Solche Schalen sind in ihren beiden Hälften ebenfalls homodrom spiralig gewunden, wie man dies an den Rinnen und Furchen, Stacheln u. s. w. ihrer Oberfläche erkennen kann.

Wer an dem homodromspiralgigen Wachstum der äussern Bedeckung beider Körperhälften zweifelt, der möge sich durch die Betrachtung dieser reizenden wunderbaren Gebilde überzeugen.

Bei den nicht bilateral symmetrisch angelegten Tieren mögen wohl, wie bei den Pflanzen, ebenfalls beide Drehungsrichtungen, sowohl die rechts- als die linksspiralige, nicht nur in der äussern Bedeckung, sondern im Körper überhaupt, gegeben sein; aber die eine derselben behält so sehr die Oberhand, dass sie für den ganzen Organismus formbestimmend wird. Hierher gehören die meisten Cilioflagellaten unter den Protisten, welche, soweit ich wenigstens mich bisher überzeugen konnte, der

grossen Mehrzahl nach gleich den Pflanzen linksspiralig gewunden sind, siehe Fig. 31. Ferner sind hier die Polypen mit ihrer spiraligen Columella zu erwähnen, sodann die Hydroiden, z. B. *Podocoryne carnea*, mit ihrem linksspiraligen Spiralzoid, und *Phialidium variabile* mit seinen spiraligen Randfäden, die Glaskschwämme, z. B. *Euplectella aspergillum* und andere. Grade die letztgenannte ist ein höchst lehrreiches Beispiel für obige Betrachtung. Wir finden dort die Links- und Rechtsspirale in fast spiegelbildähnlicher Weise ausgebildet, aber die rechtsspiralige Drehungsrichtung hat so

Fig. 31.



Peridinium (Protist) linksspiralig; nach Pouchet.

sehr die Oberhand, dass sie dem ganzen Gebilde rechtsspiralige Windung verleiht. Letztere bildet ein konstantes Merkmal der Gattung. Dass nun hier auch einmal die Drehungsvarietät, d. h. die Linksspirale, nach Art des Situs viscerum transversus, die Oberhand bekommen kann, dass ferner äussere Kräfte, Strömungen der umgebenden Flüssigkeit u. s. w., die Spiraldrehung umkehren können, dass somit beim häufigern Wechsel der Strömung die Spirale an demselben Stock bald rechts- bald links- gewunden ist, erscheint natürlich.



Kapitel X.

Spiralige Erscheinungen an Zellen.

In diesem Kapitel habe ich eine Reihe von Thatsachen zusammengestellt, welche dem ersten Satze meines Drehungsgesetzes „Axendrehung ist eine Funktion der lebendigen Zelle“ weitere Stützen verleihen sollen.

Unter Axendrehung einer Zelle im allgemeinen Sinne des Wortes ist die Rotation der ganzen Zelle oder einzelner Teile der Zelle um irgend eine Axe zu verstehen. Wenn z. B. eine tierische oder pflanzliche Zelle sich mittels einer ihr innewohnenden Kraft in rotierende Bewegung versetzt, so haben wir eine Axendrehung, welche für eine Lebensäußerung d. h. für eine Funktion dieser Zelle erklärt werden muss. Findet mit der Axendrehung zugleich eine Wanderung der Zelle in einer bestimmten Richtung statt, so beschreibt jeder Punkt der Zelle, welcher eine Axendrehung erleidet, eine Spirallinie, von welcher wir alsdann aussagen können, ob sie eine rechts- oder linksgewundene Linie ist. Damit einer Zelle die Funktion der Axendrehung zugesprochen werden könne, ist es nun keineswegs nötig, dass alle Bestandteile der Zelle, die Hülle samt Protoplasma, Kern u. s. w. um eine bestimmte Axe gedreht werde. Wenn z. B. das Protoplasma sich um eine Axe dreht und dabei etwa auch noch in dieser oder jener Richtung weitergleitet, so haben wir eine Axendrehung, welche eine Funktion der Zelle ist. Kommen die Erscheinungen der Axendrehung am Kern vor, so müssen wir dem Kern und der Zelle, deren Bestandteil der Kern ist, Axendrehung als Funktion zusprechen. Finden wir endlich spiralige Produkte in oder an einer Zelle vor, von denen wir wissen, dass sie von der Zelle selbst, etwa durch Protoplasmaabewegungen erzeugt sind, so haben wir wieder den Beweis einer Axendrehung als Funktion der Zelle gebracht.

In diesem Sinne ist der erste Satz meines Drehungsgesetzes aufzufassen.

Die wichtigsten Lebenserscheinungen, welche wir an Zellen beobachten, sind Bewegungen, welche

1. die Ernährung
2. die Vermehrung

der Zelle zum Zweck haben. Diesen Bewegungen werden wir also vor allem unsere Aufmerksamkeit zuwenden müssen.

In dem Drehungsgesetz habe ich auf S. 102 u. ff. eine Reihe von Bewegungserscheinungen an Zellen, besonders pflanzlichen, zusammengestellt, durch welche die Axendrehung als Funktion der Zelle bewiesen wird. Im folgenden füge ich eine weitere Anzahl solcher spiraliger Erscheinungen an pflanzlichen und tierischen Zellen hinzu und mache ferner auf die zahlreichen, in den voraufgegangenen Kapiteln dieser Arbeit angeführten hierhergehörigen Angaben aufmerksam.

Zunächst gibt es den Zellen gleichwertige niedere Tiere, welche spiralige Form in allen ihren Bestandteilen haben; bei den Protisten und Coelenteraten ist die spiralige Form etwas ganz gewöhnliches. In gleicher Weise finden wir tierische Zellen von spiraligem Bau; so sind z. B. die einzelligen Wachsdrüsen unter der Haut der Aphiden sämtlich gewunden.

Die Zellmembran zeigt häufig Spuren spiraliger Beschaffenheit, ich erinnere an die Epithelzellen mit feiner spiraliger, von Bizzozero 1885 nachgewiesener, Streifung. Die Fortsätze der Zellmembran sind fast ausnahmslos gewunden, sowohl bei den Zellen epithelialer Herkunft, wie z. B. bei den Ganglienzellen, den Endzellen der Sinnesorgane u. a., als auch bei den Bindegewebszellen z. B. den Ausläufern der Knochenkörperchen, der Knorpelzellen mancher Fische, Stör, den Zellen der Stützsubstanz im zentralen Nervensystem u. s. w.

Erhält die Zellmembran innere Auflagerungen, so sind diese oft spiraliger Natur; sie sind stets Ausscheidungen aus dem Protoplasma der Zelle und weisen somit darauf hin, dass dem Protoplasma Axendrehung als Funktion zukommt. Schmitz, Strasburger u. A. fanden, dass bei schraubenförmigen und ähnlichen Verdickungen die Mikrosomen des Plasmas schon vor dem Beginn der Verdickung eine entsprechende Anordnung zeigen; sie wollen dadurch beweisen, dass das Wachstum durch Apposition, nicht durch Intussusception zustande kommt. — Villanes fand im Innern der Atemröhre der Larve von *Eristalis* eigentümliche Zellen, in welchen ein elastischer Faden spiralig aufgerollt ist; letzterer lässt sich wie eine Spiralfeder ausziehen und schnell nach dem Loslassen wieder zurück. Der Spiralfaden ist ein Produkt des Protoplasma. — Zu den spiraligen

Fig. 32.



Einzellige Hautdrüse
mit spiraligem Aus-
flussröhrchen; nach
Claus.

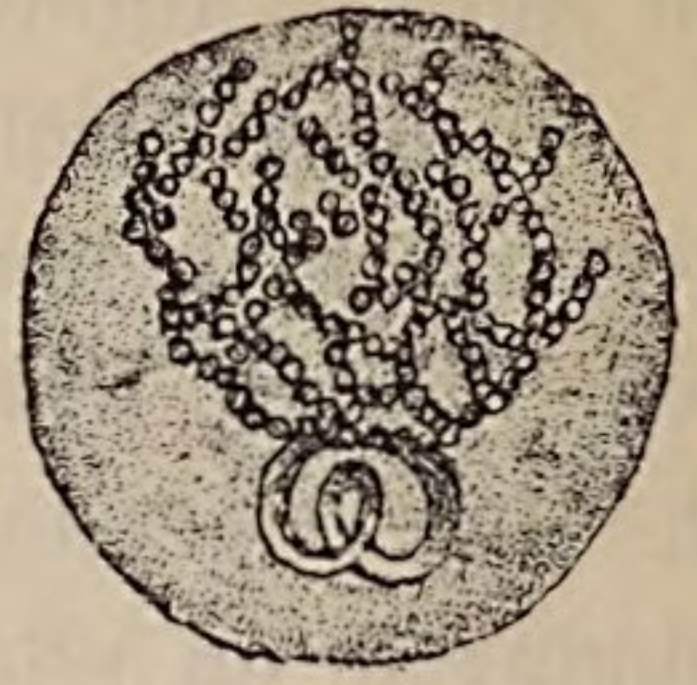
Bildungen des Protoplasma von Zellen (Drüsenzellen) sind ferner die cuticularen Ausführungsröhrchen einzelliger Hautdrüsen von Insekten zu rechnen, siehe Fig. 32, sowie die spiraligen Fortsätze der Klebzellen der Coelenteraten; diese Zellen sitzen den Tentakeln dieser Tiere an, sind ihrer Natur nach den Nesselzellen nahe verwandt und dienen dazu, um das Tier an äussere Gegenstände anzukleben, siehe Fig. 33. — Die Bildung von Nebenkernen im Protoplasma kommt unter spiraligen Knäuelbildungen zustande und

Fig. 33.



Zwei Klebzellen von den Seitenfäden eines Tentakels von *Euplocamus stationis*; nach Hertwig.

Fig. 34.

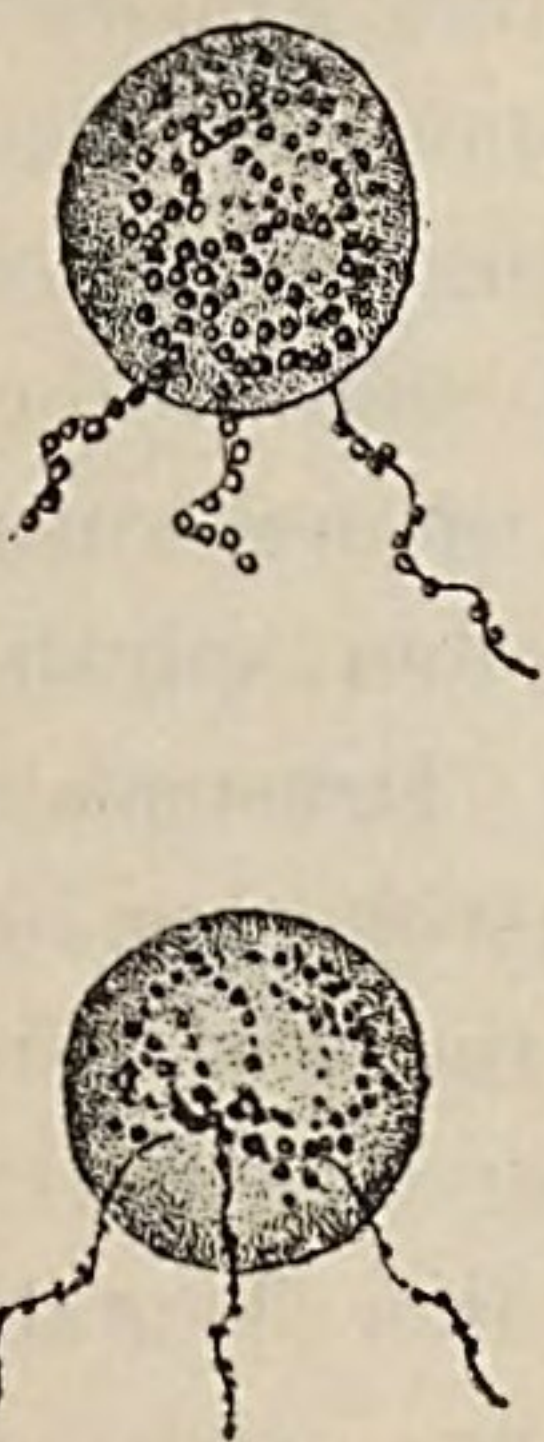


Spiralerscheinungen im Protoplasma und in dem Kern.

die feinen Körnchen des Protoplasma pflegen sich dabei in den manichfachsten Spirallinien zu ordnen, Fig. 34. — Endlich haben wir noch spiralige oder schraubenförmige Gebilde zu erwähnen, welche als Produkte des Protoplasma der Blutkörperchen anzusehen sind. Im Jahre 1844 beschrieb Gruby einen angeblichen Parasiten des Blutes, welcher wegen seiner Schraubenform und seiner schraubenförmigen Bewegungen den Namen *Trypanosoma sanguinis*, von *to trypanon* = Drillbohrer, erhielt. Gaule wies im Jahre 1880 nach, dass wir es hier mit einer besondern Form der farblosen Blutkörperchen zu thun haben, welche im Frühjahr im Blut erscheint, und später wieder verschwindet. Das Gebilde nimmt die manichfaltigsten Formen an; Gaule unterscheidet fünf Typen derselben und bildet sie auf Tafel 5 seiner Arbeit ab.

Für drei der obigen fünf Typen ist die Anordnung größerer glänzender polyedrischer Körnchen im Protoplasma charakteristisch, indem diese sich zu regelmässigen Streifen gruppieren, welche in weiten Spirallinien um den Leib des Gebildes verlaufen. Hauptbildungsstätten des Gebildes sind die Leber und das Knochenmark, deren Elementen man somit spiralige Funktion zusprechen muss. — Aber auch in dem Protoplasma der roten Blutkörperchen nicht nur des Frosches, sondern der Säugetiere und des Menschen sollen sich eigentümliche spiralige „Würmchen“ unter Umständen bilden. Schon Max Schultze hat den Spirochaeten ähnliche Fortsätze oder Ausläufer an den roten Blutkörperchen beobachtet, wenn diese auf 52° erwärmt wurden; diese Fortsätze rissen sich los und bewegten sich vibrionenähnlich umher. Sie haben mit den Rekurrensspirillen von Obermeier so täuschende Ähnlichkeit, dass Arndt an der parasitären pflanzlichen Natur der Rekurrensspirillen zweifelt, ein Zweifel, der gewiss berechtigt wäre, wenn nicht durch erfolgreiche Impfungen der Spirillen und ihrer Reinkulturen auf Affen ihre parasitäre Natur sichergestellt wäre. Arndt fand nämlich bei seinen Studien an den roten Blutkörperchen von *Bufo variabilis*, dass die feinsten Körnchen des Protoplasma sich zu mehrfach gewundenen und durcheinandergeschlungenen Reihen rosenkranzförmig gruppieren und sich dann bald zu einem Kern verdichten, bald nach Art von Würmchen, der Spirochaete ähnlich, aus-

Fig. 35.



Spiralbildungen des Protoplasma der Blutkörperchen von *Bufo*; nach Arndt.

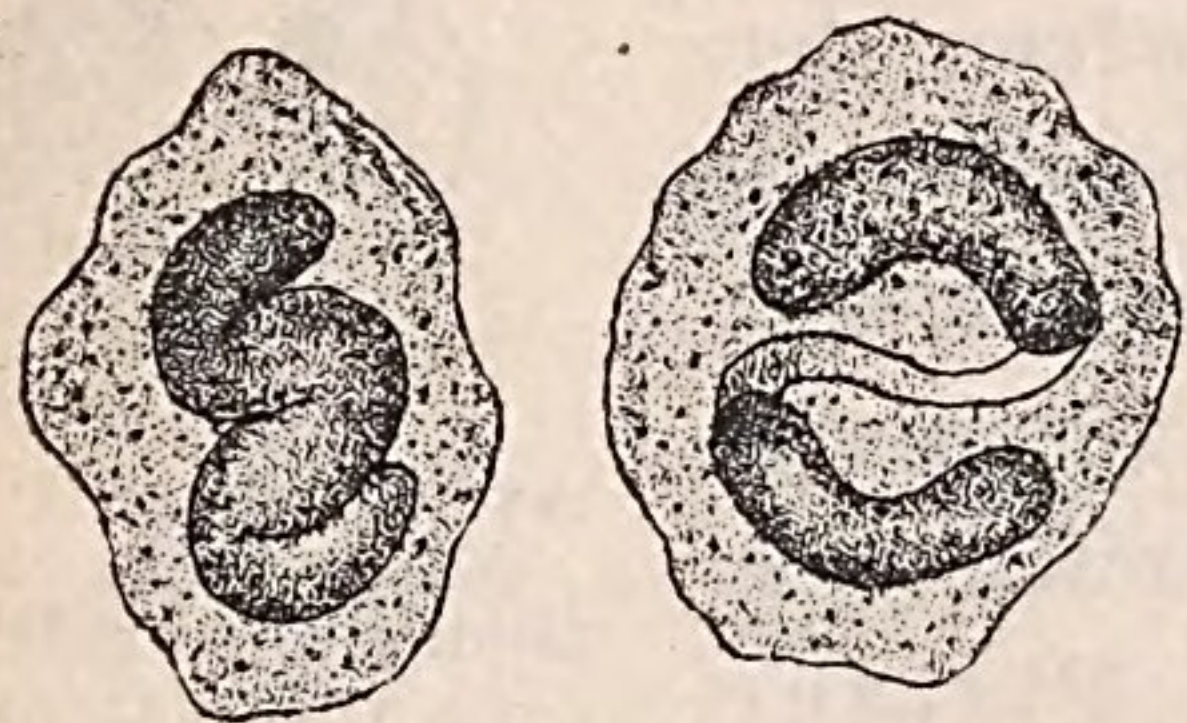
—

wanderten. Ferner schickten die roten Blutkörperchen Fäden aus, welche spiralige Drehungen ausführten; siehe Fig. 34. Gaule, 1880, sah seitlich von dem Kerne des roten Blutkörperchens des Frosches im Protoplasma stäbchenförmige Gebilde entstehen, welche das eine Ende über die Oberfläche emporstreckten und sich unter spiraligen Drehungen aus dem Blutkörperchen herausbewegten.

Spiralige Erscheinungen des Zellkernes kommen am deutlichsten bei solchen Zellen zur Beobachtung, welche überhaupt korkzieherförmige Kerne besitzen; dies sieht man bei den einzelligen Protisten häufig, so z. B. bei Stentor, Acineta und Vorticella.

Sodann wickeln sich nun jene in neuester Zeit genauer erforschten Vorgänge der Kernteilung, welche die Teilung und Vermehrung der Zellen einleitet, in Spiralen ab. Die Erscheinungen der Karyokinese, Karyomitose, der Knäuelbildung des Kerns, der Aster- und Spiralasterbildung u. s. w. sind lauter Spiralen. Der Kern der Zelle wird zuerst grösser, er zieht

Fig. 36.

Spiralige Windungen des Kernes in Knochenmarkzellen; nach Arnold⁷⁴.

sich in die Länge, macht spiralige Windungen, siehe Fig. 36, dann bildet sich in seinem Innern ein feines Netzwerk von Strängen, welche sich nach Strasburger's Untersuchungen vielfach drahtfederartig einrollen. Wie es scheint, gibt es keine einzige Zellengattung tierischer wie pflanzlicher Art, bei welcher obiger Modus der Kern- und Zellteilung vermisst würde. Es handelt sich hier um ganz analoge Vorgänge, wie ich es

im VI. Kapitel auf S. 54 dieser Arbeit für die Kernteilung und die Furchung der Eier beschrieben habe.

Baranetzky führte ferner bereits im Jahre 1880 an pflanzlichen Zellen den Nachweis, dass die vielfach gewundenen Kernteilungsfiguren sich einzeln wieder in Spiralfäden auflösen lassen. Er

Fig. 37.



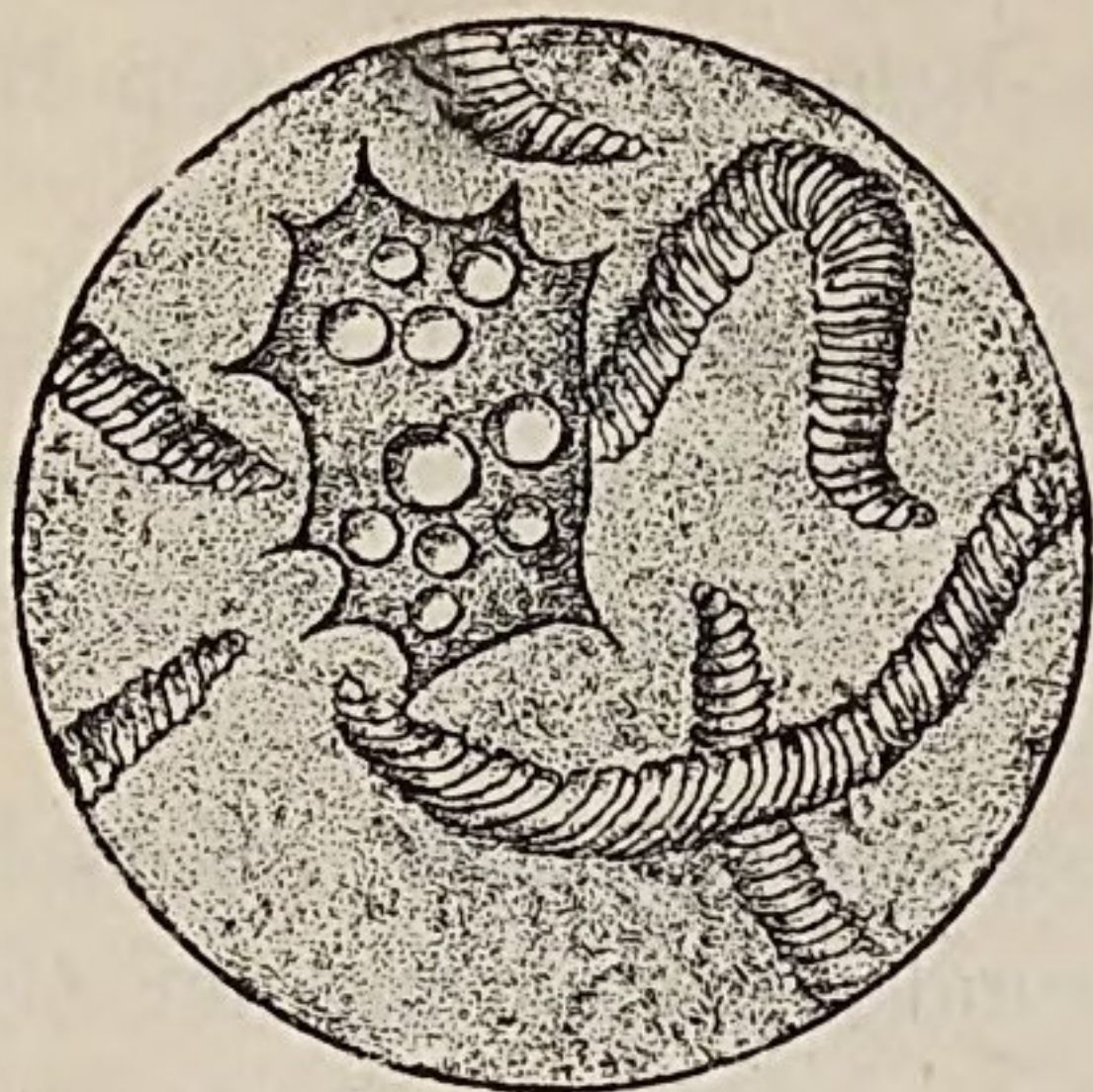
Kernfäden, die dichte Substanz derselben spiralig; nach Baranetzky.

suchte zunächst die Kernfäden aus der Zelle zu befreien und fand alsdann, dass ihre Kontourlinien nicht mehr glatt, sondern wellenförmig oder wie unterbrochen erschienen. Jeder Kernfaden besteht aus einer dunkeln, mehr dichten und einer hellen, mehr weichen Substanz; durch Hin- und Herbewegen des Deckglases wird die weiche Substanz zerrissen, die dichte Substanz bleibt erhalten und stellt jetzt eine kontinuierliche homodrome, nach Art einer Drahtfeder spiralig gewundene Faser dar; siehe Fig. 37.

Analoge spiralige Wachstumserscheinungen haben nun Balbiani, Pfitzner, Leydig, Flemming, Strasburger, Frenzel und viele Andere an tierischen Zellkernen beobachtet. Sie fanden, dass die spiralig ge-

wundenen, wurstförmigen Kernfäden nicht eine einfache homogene Masse darstellen, sondern dass sie geldrollenartig aussehen, eine Beschaffen-

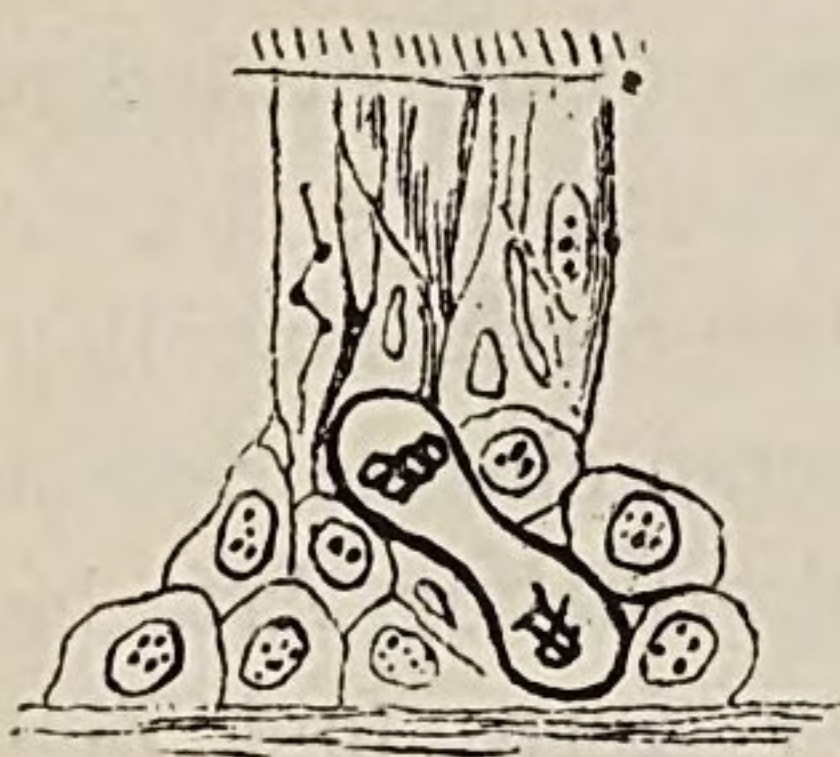
Fig. 38.



Geldrollenartige Beschaffenheit der Kernfäden; nach Frenzel.

heit, welche möglicherweise auf eine Spiralbildung zurückgeführt werden könnte; siehe Fig. 38. Korschelt konnte die geldrollenartigen Mikrosomenscheiben durch Druck in schmalere quergestreifte Fäden ausziehen, und diese erinnern an die Querstreifung in den Kernfäden der Pollenmutterzellen von *Tradescantia*, die von Baranetzky auf eine spiralige Windung der Kernsubstanz zurückgeführt wird. Diese Beobachtungen sind jedoch keineswegs vereinzelt. Man braucht nur die letzten Jahrgänge der morphologischen Jahrbücher, des Archivs für mikroskopische

Fig. 39.

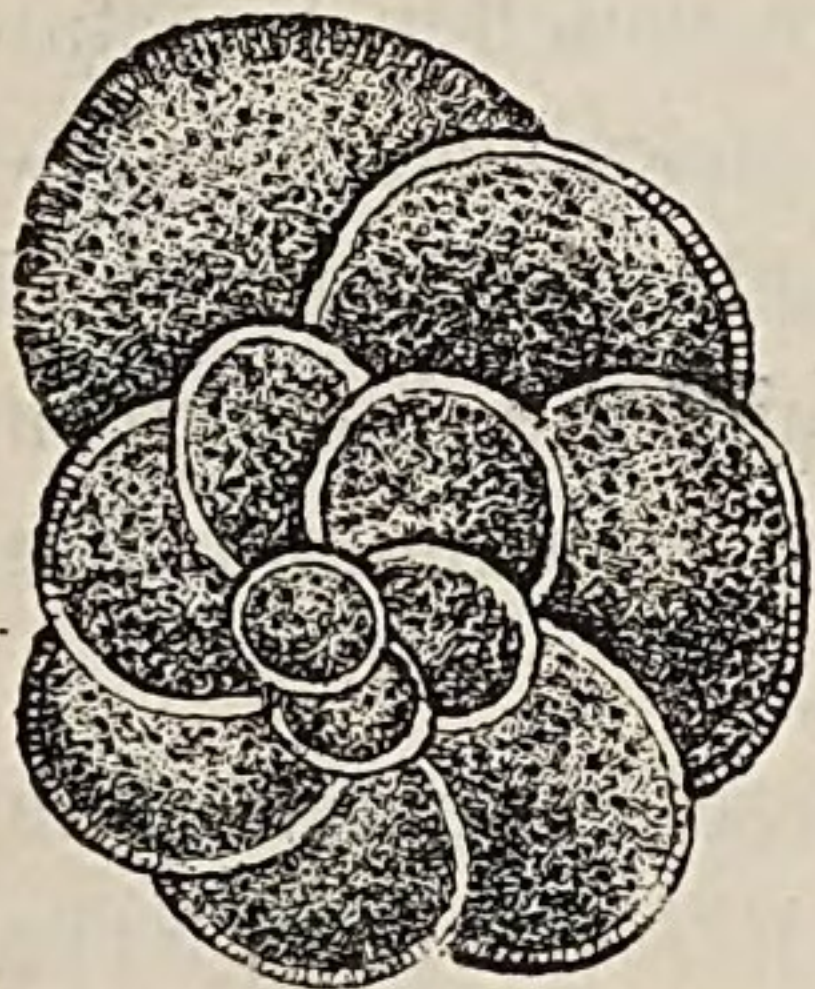


Schräge Lage der Zellteilungsebene gegen die Körperoberfläche im Epithel.

Anatomie u. s. w. durchzublättern, um sich davon zu überzeugen, dass die Kernplatten im Nucleus der Zellen fast aller Gewebsarten in grossen Mengen gefunden werden. Ich verweise wegen der genaueren Einzelheiten auf die Arbeiten von Flemming, Pfitzner, Platner u. a. Arnold fand dieselben in den Knochenmarkzellen und den weissen Blutkörperchen, bei akuter Hyperplasie der Lymphdrüsen, selbst in bösartigen Geschwülsten, Sarkomen und Karzinomen, Bizzozero und Torre sahen sie bei der Entwicklung der roten Blutkörperchen, Nussbaum bei der Teilung der Infusorien u. s. w.

Die Zellteilungsebene im Kern scheint, wie es auch bei der Kernteilung im Ei beobachtet wird, sehr häufig schräge gegen den Radius des Kerns gestellt zu sein, eine Beobachtung, welche möglicherweise eine

Fig. 41.

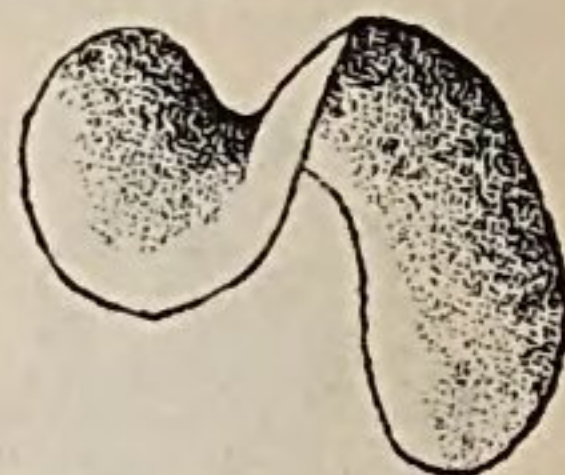


Linksspiralige *Rotalia veneta*; nach Max Schultze.

Drehungserscheinung ist. Man vergleiche hierüber die Arbeiten von Kollmann und Flemming, von denen der erstere im Hautepithel von Tritonenlarven, der letztere im Rete Malpighi der Oberhaut des Menschen die Zellteilungsebenen fast alle schräg selbst zur Körperoberfläche gestellt fand, wie dies durch obenstehende Figur 39 erläutert sein möge.

Wie bei der Eifurchung, so beobachtet man auch bei der Zellkernteilung kurz vor oder während der Abschnürung nicht selten Axendrehungen der

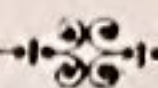
Fig. 40.



Axendrehung vor der Abschnürung der beiden Körperhälften von *Opalina*; nach Nussbaum.

jungen Kerne. Platner sah sie bei der Teilung des Spermatobastenkernes, Nussbaum bei *Opalina*; siehe Fig. 40.

Endlich ist zu erwähnen, dass die einzelligen Protisten, Rhizopoden, ihre jungen, neuen Zellen den älteren in Spiralstellung anreihen, so dass die Zellen zusammen genommen eine schöne, meist linksgewundene Spirale bilden. Ein lehrreiches, hierhergehöriges Beispiel ist die linksspiralig gebaute *Rotalia veneta*; siehe Fig. 41.



Litteratur.

Ahlfeld, Missbildungen des Menschen, Atlas, Leipzig 1880, Taf. 22, Fig. 6 und 7. — R. Arndt, Untersuchungen an den roten Blutkörperchen der Wirbeltiere, Virch. Arch. Bd. 83, 1881, S. 15, 36, 38. — J. Arnold, Beobachtungen über Kern- und Kernteilungen, ebenda Bd. 93, S. 1; Bd. 97, Taf. 4; Bd. 98, S. 501 und Taf. 14, 1883 u. ff.

Balbiani, Comptes rendus, Oktbr. 1876. — J. Baranetzky, Die Kernteilung in den Pollenmutterzellen einiger Tradescantien, mit Taf. 5 und S. 284, Botanische Zeitung 1880. — H. Beauregard et Boulart, Organes femelles de la balainoptera Sibaldii, Journ. de l'anatomie et de la physiol. T. 18, Pl. 16, Fig. 5, 1882. — R. Beneke, Zur Lehre von der hyalinen wachsartigen Degeneration der glatten Muskelfasern, Virch. Arch. Bd. 99, S. 71 u. ff. 1885. — Bizzozero und Torre, Über die Entstehung der roten Blutkörperchen bei den verschiedenen Wirbeltierklassen, ebenda Bd. 96, Taf. 1. 1884. — F. Blochmann, Über die Entwicklung von Neritina fluviatilis Müll; Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 36, S. 125 u. ff. und Taf. 6—9, 1882. — Ders., Beiträge zur Entwicklung der Gastropoden, ebenda Bd. 38, S. 395, Taf. 20, 1883. — Carl Boegle, Über den Mechanismus des menschlichen Ganges und die Beziehungen zwischen Bewegung und Form. München 1885, 8^o, 130 S. 3 Taf. — R. Bonnet, Haarspirale und Haarspindeln, Morphol. Jahrb. Bd. 11, H. 2, S. 220 u. ff. Taf. 13, 1885. — A. v. Brunn, Beiträge zur Kenntnis der Samenkörper und ihrer Entwicklung bei Säugetieren und Vögeln, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 23, S. 155 u. ff. Taf. 9—11, 1884. — M. v. Brunn, Untersuchungen über die doppelte Form der Samenkörper von Paludina vivipara, ebenda Bd. 23, S. 415 u. ff.

Claparède und Mecznirow, Beiträge zur Kenntnis der Entwicklungsgeschichte der Chätopoden, Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 19, S. 171. 1869. — C. Claus, Lehrbuch der Zoologie. 1883.

J. Dewitz, Über Gesetzmässigkeit in der Ortsveränderung der Spermatozoen und der Vereinigung derselben mit dem Ei, Pflüger's Arch. Bd. 38, S. 358, 1886. — Dictionnaire des sc. méd. T. 2, p. 262, 1812

und T. 52, p. 323, 1821. — Gustav Dilling, Über die verschiedenen Arten der Fortpflanzung im Tierreich, nach dem gegenwärtigen Stande der gonologischen Forschung, Hamburg, 4^o, 1880, S. 46.

Eimer, Untersuchungen über den Bau und die Bewegung der Samenfäden, Verh. der Würzb. phys. med. Ges. 1874.

Ernst Fischer, Das Drehungsgesetz bei dem Wachstum der Organismen, 40 Abbildungen, Strassburg, August 1886, 8^o, 115 S. — Filehne und Penzoldt, Über den Spitzenstoss, Zentralbl. f. d. med. Wiss. No. 26, 1879. — W. Flemming, Zellsubstanz, Kern- und Kernteilung, Leipzig, 8^o, 1882. — Ders., Regeneration verschiedener Epithelien durch mitotische Zellteilung, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 24, Taf. 19, 1884. — H. Fol, Sur le développement des Ptéropodes, Paris 1875. — Ders., Sur le développement embryonnaire et larvaire des Hétéropodes, Arch. de zool. exp. et gén. T. 5. 1876. — Ders., L'anatomie d'un embryon humain d'un peu plus de 3 semaines, Revue méd. de la Suisse romande, 15. avril 1884, p. 181, Pl. 1. — E. Fränkel, Über Stieldrehung an Ovarien, Virch. Arch. Bd. 91, S. 499 u. ff. 1883. — Joh. Frenzel, Über den Darmkanal der Crustaceen nebst Bemerkungen über Epithelregeneration, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 25, S. 145, 1885. — Ders., Einiges über den Mitteldarm der Insekten sowie über Epithelregeneration, ebenda Bd. 26, S. 229, Taf. 7—9, 1886. — Friedreich, Herzkrankheiten, Virchow's Handb. d. spez. Pathol. und Therapie, Bd. 5, Abt. 2, S. 169, 1861.

J. Gaule, Beobachtungen an den farblosen Elementen des Froschblutes, Arch. f. Anat. und Physiol., Phys. Teil 1880, S. 375. — Ders., Über Würmchen, welche aus den (roten) Froschblutkörperchen auswandern, ebenda 1880 S. 57 u. ff. — H. Gibbes, On the structure of the vertebrate spermatozoon, Quarterly Journ. of micr. sc. Bd. 19, 1879 und Bd. 20, 1880. — Hans Gierke, Die Stützsubstanz des Zentralnervensystems, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 25, S. 534, 1885. — Gruby, Ann. d. sc. nat. 1884.

Hallez, Contributions à l'histoire naturelle des Turbellariés; Trav. de l'institut zool. de Lille, fasc. 2, 1879. — Hatschek, Entwicklungsgeschichte von Eupomatus uncinatus, Arb. aus dem zool. Inst. zu Wien 1886, S. 121, 5 Taf. — Hellwig, De musculis laevibus; Diss. inaug. Wratislaw. 1861. — J. W. Henke, Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke, Leipzig und Hamburg, 1863, 8^o. — Herrmann, Spermatogenèse chez les Sélachiens, Journ. de l'anat. et de la phys. T. 18, Pl. 25, Fig. 16, O et p. 373 s. — O. Hertwig, Beiträge zur Kenntnis, Befruchtung und Teilung des tierischen Eies, Morph. Jahrb. Bd. 1. 1880. — Julius Hesse, Versuche über die peristaltische Bewegung und über die Wirkung der Abführmittel, Deutsch. Arch. f. klin. Med. Bd. 40, I., S. 93, 1886. — Ders., Beiträge zur Mechanik der Herzbewegung, Arch. f. Anat. und Phys., Anat. Teil S. 328, 1880. — Georges et Frances-Elizabeth Hoggan, Etudes sur les changements subis par le système nerveux dans la lèpre, Arch. de phys. T. 10, Pl. 6, Fig. 34, 1882.

S. M. Jakowsky, Über die Milchdrüse des Menschen und der Tiere, Abh. der Krakauer Akad., Math. naturw. Kl. Bd. 7, 1880. — H. v. Jehring, Zur Kenntniss der Gattung Girardinus, Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 38, S. 471, 1883. — Jensen, Die Struktur der Samenfäden, Bergen, 1879. — Isao Jijima, On the origin and growth of the eggs and eggstrings in nephelis, with some remarks on the spiral asters; Quart. Journ. of micr. sc., V. 22, p. 189—212, T. 16—19, 1882.

Georg Klebs, Beiträge zur Morphologie und Biologie der Keimung, Unters. aus d. botan. Inst. zu Tübingen, Leipzig, 1885. — F. Klug, Untersuchungen über den Herzstoss und das Cardiogramm, Arch. f. Anat. und Phys., Phys. Teil S. 394, 1883. — Arthur Kollmann, Der Tastapparat der Hand, Leipzig und Hamburg, 1883. — Krämer, Observationes microsc. et experim. de motu spermatozoorum, Diss. Goettingen, 1842. — E. Korschelt, Über die eigentümlichen Bildungen in den Zellkernen der Speicheldrüsen von Chironomus plumosus, Zool. Anzeiger 7, No. 164—166, 1884. — Fr. Küchenmeister, Die angeborene vollständige, seitliche Verlagerung der Eingeweide des Menschen, Leipzig, 1883, 8°. — C. Kupfer und B. Beneke, Die ersten Vorgänge am Ei der Reptilien, Königsberg, 1887, 11 S.

C. Langer, Über das Sprunggelenk der Säugetiere und des Menschen, mit 2 Taf., 20 S., in den Wien. Denkschr. Bd. 12 1856. — Leblanc fils, Revue vétérinaire, Arch. gén. V. 2, p. 88, 1861. — R. Leuckart, Über die Mikropyle und den feineren Bau der Schalenhaut bei den Insekten, Müller's Arch. 1855. — Leydig, Anatomisch histol. Untersuchungen über Fische und Reptilien, Berlin 1853. — Ders., Unters. zur Anat. u. Histologie der Tiere, Bonn 1883. — Hubert Ludwig, Über den primären Steinkanal der Crinoiden nebst vergl. anat. Bem. über die Echinodermen, Taf. 12. u. 13, Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 34, S. 310 u. ff. 1880.

E. L. Mark, On early stages in the embryology of limax campestris, Zool. Anzeiger S. 493, 1879. — Ders., Maturation, Fecundation and Segmentation of limax campestris, Bull. of the Museum of compar. zool. at Harvard Coll. in Cambridge, V. 6, P. 2, No. 12, 1881 p. 173, 5 Pl. — Merejkowsky, Sur l'origine et le développement de l'oeuf chez la Méduse Eucope avant la fécondation, Compt. rend. V. 90, p. 1012. — G. H. Meyer, Die Statik und Mechanik des menschl. Knochengerüsts, Leipzig 1873, 8°, 402 S., 43 Abb. — Joh. Müller, Über die Larven und die Metamorphose der Echinodermen, 2. Abhandl., Berlin 1849, S. 16, Taf. 2, Fig. 3; und 3. Abh. 1850, Taf. 7, Fig. 7 u. 8.

C. Nicoladoni, Die Torsion des Samenstranges, eine eigenartige Komplikation des Kryptorchismus, Arch. f. klin. Chir., Bd. 31, S. 178, Taf. 2, 1885. — A. Nuhn, Lehrbuch der vergl. Anatomie, Heidelberg 1878. — Nussbaum, Über die spontane und künstliche Teilung der Infusorien, Arch. f. mikr. Anat., Bd. 26, S. 485, Taf. 18—21, 1886. — Ders., Über die Veränderungen der Geschlechtsprodukte bis zur Eifurchung u.

s. w., ebenda Bd. 23, S. 155 u. ff., Taf. 9—11, 1884. — Ders., Über den Bau und die Thätigkeit der Drüsen, ebenda Bd. 21, S. 343, 1884.

E. Perravex, Sur la forme de la coque du Scyllium canicula et du Scyllium catulus, Compt. rend. T. 99 p. 1080. — J. B. Pettigrew, Animal locomotion or walking, swimming and flying, 2. edition, London 1874; dasselbe deutsch, Ortsbewegungen der Tiere nebst Bemerkungen über Luftschiffahrt, 131 Abb., Internat. Bibl., Bd. 10, Leipzig 1875, — Ders., Muskeln der Blase und Schluss der Ureteren und der Urethra, Proceedings of the Roy. Soc. of London 15, No. 86, p. 244, Juni 1886. — Ders., On the arrangement of the muscular fibres in the ventricles of the vertebrate heart, with phys. remark. 1864. — Pfitzner, Über den feineren Bau der bei der Zellteilung auftretenden fadenförmigen Differenzierungen, Morphol. Jahrb., Bd. 7, S. 289, 1881, und ebenda Bd. 11; ferner im Arch. f. mikr. Anat., Bd. 22, S. 684. — E. Pflüger, Über den Einfluss der Schwerkraft auf die Teilung der Zellen, Pflüger's Arch., Bd. 31, S. 315, 1883. — Gustav Platner, Über die Entstehung des Nebenkerns und seine Beziehung zur Kernteilung, Arch. f. mikr. Anat., B. 26, S. 343, 1886. — Ders., Über die Befruchtung von Arion empiricorum, ebenda Bd. 27, S. 32, Fig. 18, 1886. — G. Pouchet, L'histoire des Péridiniens marins, Journ. de l'Anat. et de la phys., Bd. 21, S. 28, 1885.

Räuber, Ein Fall von periodisch wiederkehrender Haarveränderung bei einem Epileptischen, Virch. Arch., Bd. 97, 1884. — E. Retterer, Développement du squelette des extrémités chez les mammifères, Journ. de l'Anat. et de la Phys., V. 20, p. 467, Pl. 33, Fig. 29. — Gustav Retzius, Unters. über die Nervenzellen der cerebrospinalen Ganglien und der übrigen peripherischen Kopfganglien, Arch. f. Anat. u. Phys., 1880, S. 369, Taf. 17 u. ff. — Carl Rieder, Über die Wolff-Gartner'schen Kanäle beim menschl. Weibe, Virch. Arch., Bd. 96, S. 124 u. ff., 1884. — Ch. Rouget, Mém. sur le développement des nerfs chez les larves des batraciens, Arch. de physiol., Vol. 2, p. 801, Pl. 31, 32, 1875.

S. Samuel, Die histogenetische Energie und Symmetrie des Gewebswachstums, Virch. Arch., Bd. 102, S. 101 ff., 1886. — A. Schneider, Das Ei und seine Befruchtung, 4^o, Breslau 1884. — E. Selenka, Zoologische Studien, Befruchtung des Eies von Toxopneustes variegatus, 1878. — v. Siebold, Fernere Beobachtungen über die Spermatozoen der wirbellosen Tiere, Müller's Arch. 1836. — L. K. Schmarda, Zoologie, 2 Bde., 1877. — Ferd. Sommer, die Anatomie des Leberegels, Distomum hepaticum, Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 34, 1880, S. 539, Taf. 30. — E. Strassburger, Über den Bau und das Wachstum der Zellhäute, 8 Taf., Jena 1882. — Ders., Die Kontroversen der indirekten Kernteilung, Arch. f. mikr. Anat., Bd. 23, S. 246 ff., Taf. 13, 14, 1884.

De la Valette, Spermatologische Beiträge, ebenda Bd. 27, S. 1—13 und 388 ff., 1886. — Villanes, Sur un nouveau type de tissu élastique,

observé chez la larve de l'éristalis, Compt. rend. T. 98 p. 1552, 1884. — Hans Virchow, Durchtreten von Granulosazellen durch die Zona pellucida des Säugetiereies; Arch. f. mikr. Anat. Bd. 24, S. 104, 1885. — A. W. Volkmann, Von der Drehbewegung des Körpers, Virch. Arch., Bd. 56, S. 467 ff., Taf. 15, 1872.

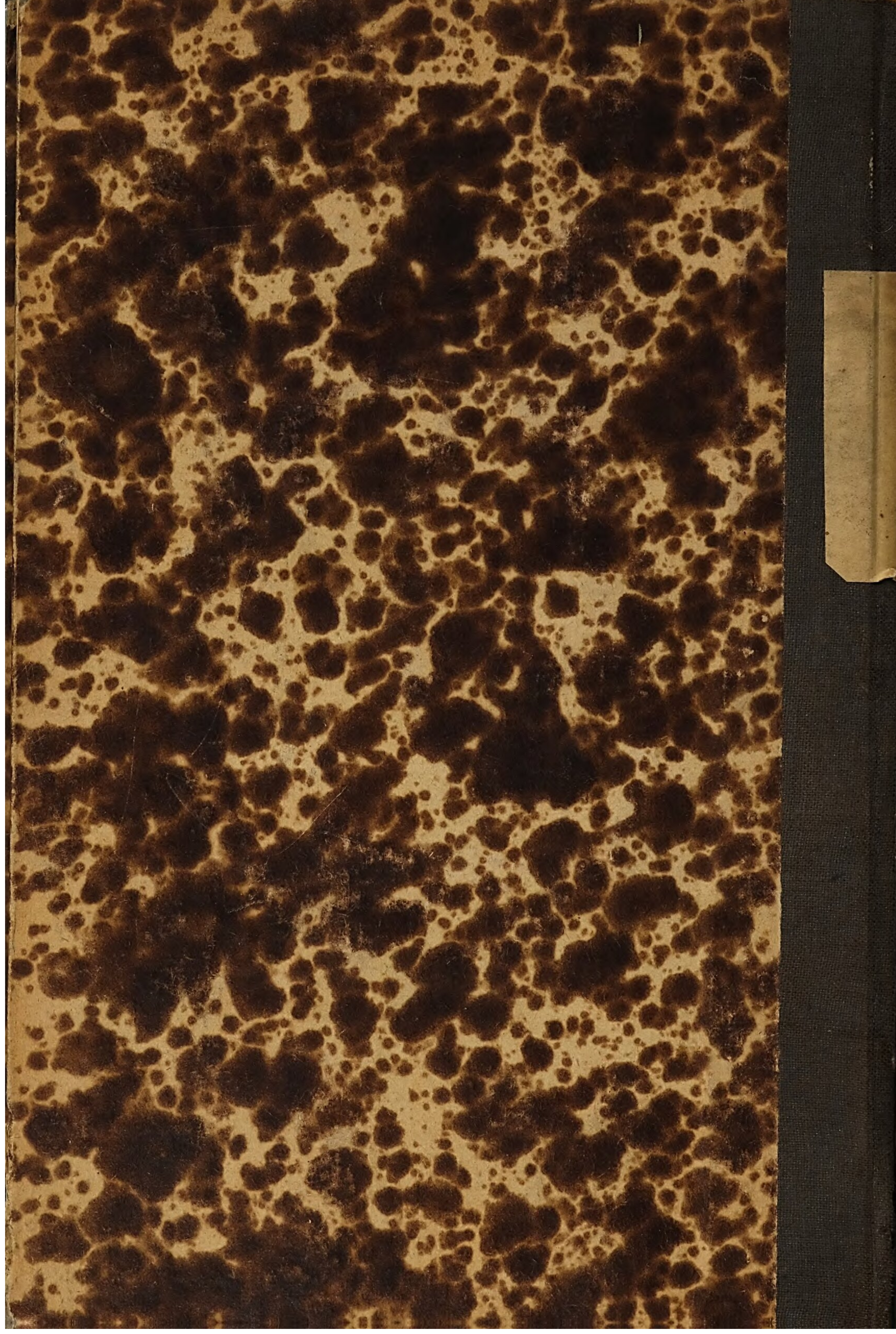
Walcott, The trilobite; Bull. of the museum of comp. zool., V. 8, Pl. 4, Fig. 9, 1880—1881. — Weber-Hildebrandt, Anatomie, 4. Bd., 4. Aufl., 1830, Bd. 1, S. 113. — Aug. Weismann, Beiträge zur Geschichte der Daphnoiden, Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 34, 1880, S. 539 ff., Taf. 30. — Jac. Winslow, Expositio anatomica structuræ corporis humani, Bd. 1, Frankfurt und Leipzig, S. 106 und 118, 1753.

J. Young, The spiral character of coelenterate development, Ann. and Mag. of natural history, Vol. 5, No. 27, London 1880, p. 212.

Berlin, Februar 1887.



9



Fischer, Ernst von

Beitrag zu dem Drehungsgesetz bei dem Wachstum der Organismen Von Ernst
Fischer. Mit 41 Abbildungen

Berlin 1887

Anat. 163 u

urn:nbn:de:bvb:12-bsb11549853-4